

Zr-Nb минерализация в карбонатитах о. Фуэртевентура (Испания)

Н. С. Ковальчук

ИГ Коми НЦ УрО РАН, Сыктывкар; kovalchuk@geo.komisc.ru

Минералы группы пироклора и циркон являются характерными аксессуориями для многих карбонатитов мира. Однако Zr-Nb минерализация в канарских карбонатитах имеет ряд специфических особенностей.

Карбонатиты о. Фуэртевентура представлены маломощными (от 1 см до 3 м) жильными телами, которые секут пироксениты, нефелиновые сиениты и другие породы базального комплекса [1]. Формирование канарских карбонатитов происходило непосредственно в ходе кристаллизации магматического карбонатного расплава [2]. Карбонатиты являются исключительно кальцитовыми и сформированы преимущественно высокостронциевым кальцитом, при существенно низком содержании апатита, флогопита, альбита, пироксена, граната,

гематита, магнетита, барита, а также монацита и циркона. Аксессуарные минералы представлены пироклором, эпидотом, ильменитом, пиритом и редкоземельными минералами.

Минеральный состав редкоземельных фаз в канарских карбонатитах был изучен ранее и характеризуется огромным разнообразием, они представлены: фосфатами редких земель (апатитом, монацитом), карбонатами редких земель и Sr (бастнезитом-(Ce), паризитом-(Ce), синхизитом-(Ce), анкилитом-(Ce), дакингшанитом-(Ce), стронцианитом, карбоцернаитом), силикатами редких земель (сервандонитом-(Ce), бритолитом-(Ce), алланитом-(Ce), кайнозитом) и оксидами редких земель и Nb (эшинитом-(Ce), ниобозешинитом-(Nd,Ce), фергусонитом-(Ce), церианитом) [3].

Дальнейшее изучение карбонатитов о. Фуэртевентура при помощи микронзондового анализа позволило установить ранее неизвестные для данного объекта минералы и наиболее полно охарактеризовать Zr-Nb минерализацию, которая в исследуемом объекте формирует три парагенетические ассоциации: циркон–бадделейт–цирконолит–виджецит, эшинит-(Ce)–фергусонит-(Ce) и бетафит–уранпирохлор.

Циркон ($ZrSiO_4$) в канарских карбонатитах встречается в двух генерациях. Более ранняя представлена единичными крупными (размером до 1 мм), чаще раздробленными призматическими кристаллами и их обломками в ассоциации с породообразующим кальцитом. Циркон поздней генерации образует дипирамидально-призматические кристаллы и зерна неправильной формы, размером до 50 мкм и их сростки. Встречено необычное скопление выделений циркона с цирконолитом, бадделейтом и виджецитом в ассоциации с кальцитом и андрадитом (рисунок). В целом, химический состав циркона характеризуется небольшой примесью HfO_2 (до 1.37 мас. %).

Бадделейт — оксид циркония (ZrO_2), в исследуемых карбонатитах образует удлинённо-призматические кристаллы и зерна неправильной формы. Встречается в ассоциации с цирконом, цирконолитом и виджецитом (рисунок). Нередко содержит включения апатита. В химическом составе бадделейта отмечена примесь HfO_2 (0.91–1.34 мас. %).

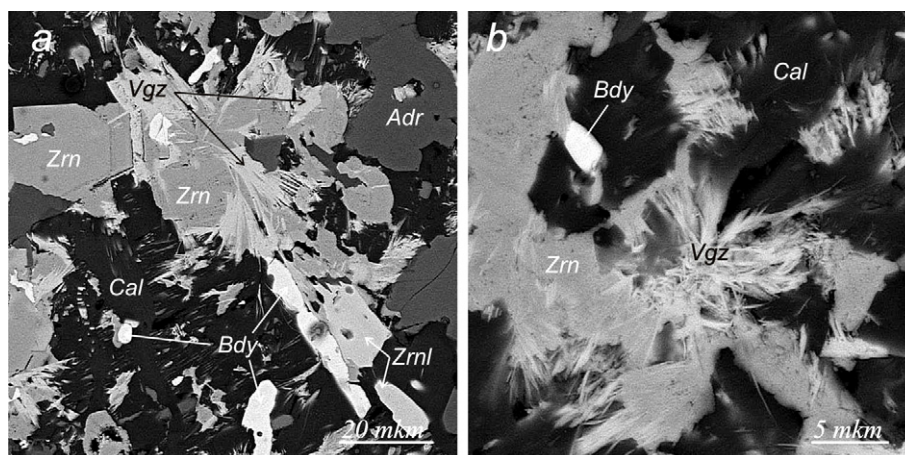
Цирконолит является сложным оксидом циркония, ниобия и титана, и отвечает формуле $(Ca,Ce)Zr(Nb,Ti)_2O_7$. В канарских карбонатитах встречается впервые, он образует таблитчатые зерна, формирует сростки с цирконом, бадделейтом и виджецитом (рисунок, а). Кроме того, встречается в виде включений в редкоземельном апатите в ассоциации с эшинитом-(Ce) и магнетитом. Химический состав цирконолита характеризуется низкими содержаниями редкоземельных элементов (до 6.43 мас. %) и варьирует по содержанию Nb_2O_5 (21.65–25.14 мас. %), TiO_2 (13.44–16.12 мас. %), CaO (11.06–

13.00 мас. %) при постоянных значениях ZrO_2 (30.14–30.86 мас. %). Отмечается примесь Fe_2O_3 (до 8.16 мас. %) и ThO_2 (до 0.46 мас. %).

Виджецит ($CaNb_2O_6$) очень редкий минерал, в канарских карбонатитах установлен впервые, он образует игольчатые кристаллы и веерообразные агрегаты, составляя сростки и оторочки вокруг зерен циркона, по-видимому, замещает его (рисунок). Также, виджецит заполняет пространства между зернами циркона и образует включения в нем. Встречен в ассоциации с кальцитом, андрадитом, цирконом, цирконолитом и бадделейтом. Химический состав минерала характеризуется высокими значениями: Nb_2O_5 (64.68–77.41 мас. %) и CaO (16.06–17.26 мас. %). Кроме того, в составе виджецита отмечены примеси TiO_2 (2.12–3.14 мас. %), Fe_2O_3 (0.38–3.85 мас. %), возможно SiO_2 (0.51–1.99 мас. %).

Эшинит-(Ce) $((Ce,Ca)(Ti,Nb)_2(O,OH)_6)$ образует многочисленные кристаллы октаэдрического габитуса. Часто зерна имеют округлую и клубковидную форму и располагаются пространственно вблизи выделений апатита, флогопита и магнетита. По содержанию Nb_2O_5 (40.52–51.76 мас. %) минерал близок к **ниобозешиниту-(Ce)**. В его химическом составе отмечены высокие значения (мас. %): CaO — 8.02–15.94, Ce_2O_3 — 7.49–12.07 и TiO_2 — 6.40–11.86. Кроме того, минерал содержит (мас. %): Na_2O — 1.60–3.80, La_2O_3 — 1.32–2.83, Nd_2O_3 — 0.94–2.69, Fe_2O_3 — 0.74–2.05, SrO — 0.70–1.62. Иногда отмечаются примеси Ta_2O_5 (до 1.83 мас. %), ThO_2 (до 1.66 мас. %), Y_2O_3 (до 0.59 мас. %) и Pr_2O_3 (до 0.33 мас. %). В некоторых случаях были встречены неоднородные кристаллы эшинита, включения и краевые зоны в которых обогащены Ce_2O_3 (до 22.95 мас. %), Nd_2O_3 (до 14.20 мас. %), La_2O_3 (до 6.40 мас. %), Pr_2O_3 (до 4.55 мас. %), Sm_2O_3 (до 1.68 мас. %) и ThO_2 (до 1.61 мас. %). Эта фаза диагностирована как **фергусонит-(Ce)** и по химическому составу близка формуле — $(Ce,Nd,La)NbO_4$.

Бетафит $((Ca,U,TR)_2(Ti,Nb,Ta)_2O_6(OH))$ представлен кристаллами кубоктаэдрического облика с



Электронно-микроскопические изображения Zr-Nb минералов; Zrn — циркон, Zrnl — цирконолит, Vgz — виджецит, Bdy — бадделейт, Cal — кальцит, Adr — андрадит

усеченными вершинами и их обломками. В составе минерала отмечаются высокие содержания Nb_2O_5 (43.44–63.74 мас. %), UO_3 (до 26.48 мас. %), CaO (до 13.43 мас. %) и TiO_2 (5.13–14.15 мас. %), но практически полное отсутствие Ta_2O_5 (до 1.41 мас. %). В качестве примесей присутствуют SiO_2 (до 5.69 мас. %), Na_2O (до 3.57 мас. %), SrO (до 2.92 мас. %), Ce_2O_3 (до 2.56 мас. %) и Fe_2O_3 (до 1.54 мас. %).

Уранпирохлор $((\text{U}, \text{Ca}, \text{Ce})_2(\text{Nb}, \text{Ta})_2\text{O}_6(\text{OH}, \text{F}))$ был встречен в виде включений в бетафите. Средний химический состав уранпирохлора характеризуется значениями (мас. %): UO_3 – 40.28, Nb_2O_5 – 31.44, CaO – 5.34, TiO_2 – 4.21, SiO_2 – 2.78. Кроме того, отмечаются незначительные примеси SrO , MnO , Fe_2O_3 и Y_2O_3 . Вокруг включений уранпирохлора в бетафите образуется кайма с повышенными содержаниями титана, кальция и железа.

Таким образом, выявлено, что карбонатиты о. Фуэртевентура характеризуются не только разнообразием редкоземельных минералов, в них также широко развита Zr-Nb минерализация, которая формирует три парагенетические ассоциации: циркон–бадделейт–цирконолит–виджецит, эшинит-(Ce)–фер-

гусонит-(Ce) и бетафит–уранпирохлор. Установлены ранее неизвестные для данного объекта минералы – цирконолит, виджецит и уранпирохлор.

Автор выражает благодарность Т. Г. Шумиловой за предоставленный материал и научные консультации и С. С. Шевчуку за проведение аналитических исследований.

Литература

1. *Mucoz M., de Ignacio C., Sagredo J.* Fieldtrip Guide of Fuerteventura. IV Eurocarb EFS Workshop. Canary Island, Spain, 2003, 83 pp.
2. *Шумилова Т. Г.* Карбонатиты острова Фуэртевентура (Канарский архипелаг, Испания) как особый тип алмазоносных пород / В кн.: Проблемы геологии и минералогии. Отв. редактор А.М. Пыстин. Сыктывкар: Геопринт, 2006. С. 248–261.
3. *Ковальчук Н. С.* Особенности редкоземельной минерализации в карбонатитах о. Фуэртевентура (Испания) // Материалы 22-й научной конференции «Структура, вещество, история литосферы Тимано-Североуральского сегмента». Сыктывкар: Геопринт, 2013. С. 71–77.