

Е. И. СЕМЕНОВ, А. П. ХОМЯКОВ, А. В. БЫКОВА

**ГИПЕРГЕННЫЙ БАСТНЕЗИТ В КОРЕ ВЫВЕТРИВАНИЯ  
ЩЕЛОЧНОГО МАССИВА**

При исследовании коры выветривания одного из щелочных массивов нами был встречен и изучен фторкарбонат редких земель — бастнезит, имеющий необычное для него гипергенное происхождение. Как известно, бастнезит является характерным эндогенным минералом гранитов, пегматитов и гидротермальных жил. Здесь же бастнезит в виде тонкодис-



Рис. 1. Характер частиц гипергенного бастнезита под электронным микроскопом.  $\times 8800$

сперсной «глинистой» массы встречается в коре выветривания вместе с лимонитом, ферригаллуазитом, пиролюзитом и другими характерными гипергенными минералами.

Округлые стяжения бастнезита образуют мелкую вкрапленность, преимущественно в ферригаллуазите. Размеры выделений бастнезита колеблются от 3—5 мкм до микроскопических при резком преобладании последних. Цвет бастнезита белый, чаще желтый и коричневый, поскольку минерал в той или иной степени пропитан гидроокислами железа или пронизан их тончайшими прожилками. Это — тонкодисперсный, мягкий, легко растирающийся между пальцами минерал. Удельный вес его 4,27.

Под микроскопом обнаруживается волокнистое строение минерала. Волокна в отдельных обособленных агрегатах то располагаются параллельно, то пересекаются; часто видны пучки радиально расходящихся волокон, однако преимущественно распространены спутанно-волокнистые агрегаты. Угасание волокон прямое, удлинение отрицательное. Последнее свойство, с учетом оптического знака минерала (+), показывает, что волокна удлинены в базальной плоскости (0001). Из-за высокой дисперсности минерала светопреломление определено лишь с небольшой точностью ( $\pm 0,01$ ):  $N_g \approx 1,76$ ,  $N_r \approx 1,66$ . По-видимому, показатели преломления дисперсного гидратированного бастнезита несколько ниже, чем у обычного крупнокристаллического (1,81 — 1,71). Под электронным микроскопом (рис. 1) частицы гипергенного бастнезита имеют неправильные контуры, хотя иногда замечаются гексагональные очертания. При сравнении дебаеграммы гипергенного бастнезита с эталонными дебаеграммами гидротермального бастнезита устанавливается почти полная их идентичность. На кривой нагревания (рис. 2) отмечается эндотермическая остановка при 350—500°, обусловленная термической диссоциацией бастнезита и выделением  $CO_2$ ,  $H_2O$ . Об этом свидетельствует кривая потери веса, на которой в этом интервале наблюдается резкий подъем.

Характерно, что на кривых нагревания обычного, гидротермального бастнезита эндотермическая остановка отмечается при более высоких

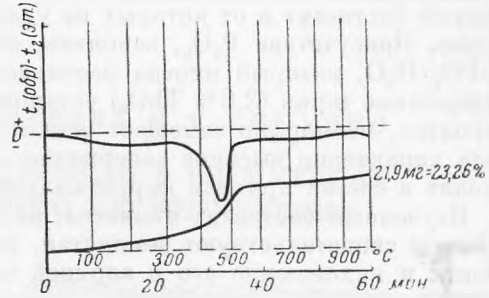


Рис. 2. Кривые нагревания и потери веса гипергенного бастнезита

Таблица 1

Результаты химического анализа бастнезита

Компоненты	Теоретический состав	Гипергенный бастнезит
$TR_2O_3$	74,77	57,00
$Al_2O_3$		2,6
$Fe_2O_3$		8,3
$P_2O_5$		1,8
$ThO_2$		2,8
$SiO_2$		2,1
$CO_2$	20,17	13,7
$CaO$		2,8
$MgO$		0,1
$H_2O$		5,0
F	8,73	6,85
Сумма	103,67	103,05
— O = F <sub>2</sub>	3,67	2,88
	100,00	100,17

температурах (до 600°). Снижение температуры диссоциации гипергенного бастнезита обусловлено, вероятно, его гидратированностью.

Результаты химического анализа гипергенного бастнезита массива (аналитик А. В. Быкова) приведены в табл. 1. Содержание в этом минерале  $\text{Fe}_2\text{O}_3$ ,  $\text{Al}_2\text{O}_3$ ,  $\text{SiO}_2$ , по-видимому, должно быть отнесено за счет механических примесей ферригаллуазита и лимонита, которые пигментируют бастнезит и от которых не удалось полностью избавиться при отборке. Присутствие  $\text{P}_2\text{O}_5$ , вероятно, обусловлено примесью рабдофанита  $\text{CePO}_4 \cdot \text{H}_2\text{O}$ , который иногда развивается по бастнезиту. Столь высокое содержание тория (2,8%  $\text{ThO}_2$ ) установлено в бастнезите впервые. Торий, вероятно, изоморфно замещает редкие земли. Для гипергенного бастнезита характерно высокое содержание воды (5%), хотя часть этой воды входит в состав примеси ферригаллуазита и лимонита.

Изученный бастнезит является, несомненно, минералом гипергенным. Об этом свидетельствуют землистая, порошковая форма выделения бастнезита и нахождение его в верхней части коры выветривания вместе с ферригаллуазитом, лимонитом, пиролюзитом и другими характерными гипергенными минералами. Образование гипергенного бастнезита в коре выветривания связано с процессами изменения первичных редкоземельных минералов щелочного массива и с процессами переотложения редких земель. В гидротермальных прожилках в щелочных сиенитах и непосредственно наблюдались псевдоморфозы бастнезита по первичному гидротермальному фторкарбонату редких земель — паризиту, доказанному оптически и рентгенометрически. Подобные же псевдоморфозы наблюдались нами и в образцах паризита и кордилита из щелочных пегматитов Южной Гренландии (Нарсарсук), присланных нам проф. Арне Ное-Нигаардом (Копенгаген). Впервые замещение паризита гипергенным бастнезитом было установлено Е. Е. Костылевой.

В последнее время устанавливается все более широкое распространение вторичного бастнезита. Так, Свердруп и др. (1959)\* недавно описали замещение бастнезитом ортита в нескольких гранитных пегматитах Норвегии.

При переходе паризита  $\text{CaCe}_2(\text{CO}_3)_3\text{F}_2$  в бастнезит  $\text{CeFCO}_3$  происходит вынос Ca и частичная гидратация.

Интересно изменение состава редких земель, происходящее при этих процессах. Так, для гипергенного бастнезита Р. Л. Баринский определил рентгено-спектральным анализом следующий состав редких земель:  $\text{La}_{3,9}\text{Ce}_{4,5}\text{Pr}_{3,3}\text{Nd}_{1,1}\text{Sm}_{0,8}\text{Eu}_{0,1}\text{Gd}_{0,5}\text{Tb}_{0,1}\text{Dy}_{0,3}$ . В то же время в первичном минерале — паризите, по которому образуется бастнезит, состав TR иной:  $\text{La}_{2,3}\text{Ce}_{4,6}\text{Pr}_5\text{Nd}_{2,1}\text{Sm}_{1,6}\text{Eu}_{0,7}\text{Gd}_{0,9}\text{Tb}_{0,2}\text{Dy}_{0,3}$ .

Таким образом, в бастнезите накапливаются в большем количестве, чем в паризите, легкие лантаноиды и сам лантан. Тяжелые лантаноиды (иттриевой группы) при образовании по паризиту бастнезита выносятся и, вероятно, образуют самостоятельные минералы. Так, В. И. Нонешниковой в том же массиве встречен гипергенный водный фосфат иттриевых земель — черчит ( $\text{YPO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ ). Большую подвижность иттриевых земель при вторичных процессах обычно связывают с большей растворимостью их комплексных солей (например, двойных карбонатов натрия и иттрия).

\* T. L. Sverdrup, K. Ø. Bryn and P. C. Sabø «Contributions to the Mineralogy of Norway». Norsk. Geol. Tidsskr. 39, 1959.