

А. С. КИРИЛЛОВ

НОВАЯ РАЗНОВИДНОСТЬ БАСТНЕЗИТА — ГИДРОКСИЛ-БАСТНЕЗИТ

(Представлено академиком Н. В. Беловым 1 VII 1964)

В 1962 г. в карбонатитах одного из массивов щелочно-ультраосновных пород нами был обнаружен редкоземельный карбонат из группы бастнезита, отличающийся по физическим свойствам и химическому составу от обычного бастнезита. Массив сложен магматическими породами — пироксенитами, ийолитами и постмагматическими образованиями — форстерито-апатито-магнетитовыми рудами и карбонатитами. Среди карбонатитов по составу выделяются кальцитовые, доломито-кальцитовые, доломитовые, кальцито-доломито-анкеритовые и кварцево-анкеритовые (перечислены в порядке формирования). Карбонатиты распространены в виде жилоподобных тел интрузивных породах и вмещающ...

Таблица 1

Сферические координаты граней кристаллов гидроксил-бастнезита

Форма	Число граней	Средние измеренные		Вычисленные с учетом $a_0/c_0$	
		$\phi$	$\rho$	$\phi$	$\rho$
0001	2	$\infty$	0°00'	$\infty$	0°00'
1120	12	29°46'	90°00'	30°00'	90°00'
1122	12	29°37'	35°06'	30°00'	36°18'
1239	21	19°59'	6°39'	19°06,5'	7°00'
1011	9	0°14'	39°26'	0°00'	40°18,5'
2021	7	0°24'	58°53'	0°00'	59°20'

массив фенитах.

Описываемый минерал часто наблюдался в виде почковидных агрегатов и щеток кристаллов в пустотах поздних карбонатитовых жил, залегающих в пироксенитах. В ассоциации с ним встречаются барит, стронцианит, амелит, пирротин, пирит, халькопирит, галенит, сфалерит, магнетит, анатаз, монацит, анкилит, измененный бербанкит и другие минералы. Агрегаты минерала образуют выделения барита, анкилита и бербанкита, замещающие редкоземельные карбонаты. В свою очередь, этот минерал наблюдался в трещинках анкерита и кварца.

В табл. 1—3 приведены результаты гониометрического, рентгеновского и химического изучения обнаруженного редкоземельного карбоната.

Как показало гониометрическое исследование, внешняя симметрия кристаллов минерала гексагональная. Габитусными формами являются пинакоид {0001} и гексагональная призма {1120}. В подчиненном развитии наблюдались дигексагональная дипирамида {1239} и гексагональные дипирамиды {1122}, {1011} и {2021} (рис. 1). Для кристаллов характерны двойники срастания по {1120}, прорастания по {1122}, тройники и субпараллельные сростки многих индивидов.

Минерал имеет восково-желтый до темно-бурого цвет, редко бесцветен и вполне прозрачен. Блеск на гранях стеклянный, в сколе жирный. Спайность по {1120} несовершенная. Твердость около 4. В шлифах желтоватый или слабо окрашен в бурые тона вследствие примеси гидроокислов железа. Чистые кристаллы бесцветны. Одноосный положительный. Показатели преломления минерала ( $n = 1,870 \pm 0,006$ ,  $\omega = 1,760 \pm 0,003$ ) выше, а удельный вес ( $d = 4,745$ ) ниже, чем у обычного бастнезита (для которого  $n = 1,823$ ,  $\omega = 1,722$ ,  $d = 5,00$ ). Растворяется на холоду в HCl и H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>.

Порошковая диаграмма минерала обнаружила структуру типа бастнезита (табл. 2) с параметрами элементарной ячейки  $a_0 = 7,23 \pm 0,02 \text{ \AA}$ ,  $c_0 = 9,98 \pm 0,05 \text{ \AA}$ ,  $c/a = 1,380$ , в то время как для бастнезита  $a_0 = 7,09 \text{ \AA}$ .

## Рентгеновские данные гидроксил-бастнезита

Гидроксил-бастнезит		Бастнезит (1)			Гидроксил-бастнезит		Бастнезит (1)		
<i>l</i>	<i>d/n</i>	<i>l</i>	<i>d/n</i>	<i>hkl</i>	<i>l</i>	<i>d/n</i>	<i>l</i>	<i>d/n</i>	<i>hkl</i>
2	4,97	3	4,9	0002	1	(1,761)			
3	(3,95)	3	(3,93)	11203	7	1,698	8	1,673	22 $\bar{1}$ 2
9	3,59	7	3,56	1120	4	1,600	7	1,571	3034
2	(3,21)	3	(3,19)	11203	3	1,366	5	1,480	1126
10	2,92	10	2,87	1122	5	(1,460)	7	1,438	22 $\bar{1}$ 4
1p	2,49	2	2,43	0004	4	1,369	5	1,344	4150
2	(2,32)	3	(2,28)	30303	7	1,319	8	1,298	40 $\bar{1}$ 4
1	(2,24)	2	(2,22)	30313, 11213	2p	1,298	4	1,275	3036
9	2,09	9	2,05	3030	4	1,198	7	1,179	3360
8	2,05	8	2,01	3031,1124					
9	1,923	9	1,892	3032	4	1,172	7	1,154	4261
1	(1,876)	2	(1,853)	22123	1	1,086	3	1,044	5163
4	1,805	4	1,785	2210	1p	1,023	4	1,036	5055

Примечание. Аналитик — Е. П. Соколова (Всесоюзный геологический институт). Условия съемки: Fe-антикатод, напряжение на трубке 38 кв, сила тока 14 ма, экспозиция 2 часа, 2R камеры 57,3 мм, 2r столбика образца 0,5 мм. Исправления по особому снимку смеси с NaCl.

$c_0 = 9,72 \text{ \AA}$ ,  $c/a = 1,371$  (1). На термограмме отчетливо выделяются два эндотермических эффекта: в интервалах 420—580 и 770—800°, — обусловленные потерей воды и диссоциацией минерала.

По данным химического анализа (табл. 3), минерал по составу представляет собой фтор- и водусодержащий карбонат TR черновой группы. Присутствие окислов SiO<sub>2</sub>, TiO<sub>2</sub>, Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub>, MgO, CaO, BaO, SO<sub>3</sub> и P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> связано, очевидно, с наличием в анализированном материале механических примесей: мельчайших вrostков кварца, анатаза, гидрогетита, доломита, барита и, вероятно, рабдофана, — от которых не удалось избавиться, несмотря на самую тщательную отборку материала под бинокулярной лупой. После исключения компонентов указанных минералов химический анализ хорошо рассчитывается на кристаллохимическую формулу бастнезита TRCO<sub>3</sub> (OH, F): (TR<sub>0,98</sub>Ca<sub>0,01</sub>Th<sub>0,01</sub>·Na<sub>0,01</sub>)<sub>1,01</sub>CO<sub>3</sub>(OH<sub>0,87</sub>F<sub>0,14</sub>)<sub>1,01</sub>·Ca, Th и Na, очевидно, изоморфно замещают TR.

Количество воды (гидроксила) значительно превышает количество фтора в формуле минерала. В литературе (2) также известен бастнезит с содержанием воды до 1,83%. По-видимому, существует изоморфный ряд в группе бастнезита: фтор-бастнезит TRCO<sub>3</sub>F — гидроксил-бастнезит TRCO<sub>3</sub>OH. Изученный нами минерал содержит 87% гидроксил-бастнезитового и 14% фтор-бастнезитового компонента и близко отвечает одному из крайних членов этого ряда. Согласно принципам классификации изоморфных серий, предложенным А. К. Болдыревым (3), он с полным основанием может быть назван гидроксил-бастнезитом. Переменным химическим составом минералов ряда бастнезита, очевидно, обусловлено закономерное изменение их свойств (показателей преломления, удельного веса, параметров элементарной ячейки и др.). Аналогичное изменение свойств при замещении F<sup>-1</sup> ← OH<sup>-</sup>

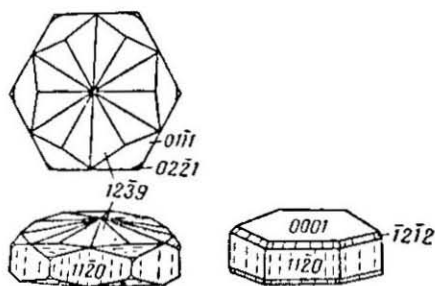


Рис. 1. Формы кристаллов гидроксил-бастнезита

давно установлено для минеральных групп фтор-апатит — гидроксил-апатит, гердерит — гидроксил-гердерит, триплит — триллоидит и др.

Касаясь генезиса гидроксил-бастнезита в карбонатитах массива следует подчеркнуть, что он появляется только в позднюю гидротермальную стадию, характеризующуюся процессами растворения и пересотложения ранее возникших минералов. Образование гидроксил-бастнезита (а не бастнезита) в карбонатитах обусловлено, по-видимому, низкой концентрацией фтора в поздних гидротермальных растворах. Анализ минеральных парагенезисов в карбонатитах показывает, что наиболее ранним карбонатом TR, характерным для стадии формирования доломито-кальцитовых карбонатитов, является бербанкит — сложный безводный карбонат Na, Ca, Sr, Ba и TR, устойчивый в щелочной среде. В более позднюю стадию (формирование доломитовых и анкерито-доломитовых карбонатитов) в ассоциации с ним появляются карбоцернаит и барит, причем в ряде случаев устанавливается замещение бербанкита анкилитом (гидрокарбонатом Sr и TR). В заключительные стадии гидротермального процесса, характеризующиеся выщелачиванием и окварцеванием карбонатитов, возникает гидроксил-бастнезит, замещающий анкилит и другие редкоземельные карбонаты. Таким образом, сложные безводные карбонаты TR, характерные

Таблица 3

Химический состав гидроксил-бастнезита

Компонент	1	2	3		
SiO <sub>2</sub>	0,30				
TiO <sub>2</sub>	0,04				
Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	2,17				
ThO <sub>2</sub>	0,50	0,53	0,01		
La <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	26,86				
Ce <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	37,50	74,31	0,98		
Nd <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	3,43				
Sm <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	1,59				
(Y + Dy) <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	1,47				
MnO	0,06				
MgO	0,16				
BaO	0,70				
CaO	0,40			0,19	0,01
Na <sub>2</sub> O	0,13			0,14	0,01
H <sub>2</sub> O-	0,11				
H <sub>2</sub> O+	3,96	3,68	0,87		
F	1,15	1,21	0,14		
SO <sub>2</sub>	0,40				
P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	0,23				
CO <sub>2</sub>	19,70	20,44	1		
Сумма . . . . .	100,86	100,50			
O = F <sub>2</sub>	0,50	0,50			
Σ . . . . .	100,36	100,00			

Примечание. Аналитик К. А. Бакланова. 1 — данные анализа в процентах; 2 — состав, приведенный к 100% (за вычетом компонентов кварца, анатаза, гидрогетита, доломита, барита, рабдофана); 3 — атомные количества. Спектральным анализом обнаружены 0,03% Y<sub>2</sub>O<sub>3</sub>, 0,02% ZrO<sub>2</sub>, следы Pb, Be, Al.

для ранних этапов редкоземельной минерализации, на поздних этапах сменяются более простыми гидрокарбонатами в такой последовательности: бербанкит — карбоцернаит — анкилит — гидроксил — бастнезит. В том же направлении увеличивается содержание TR в минералах. Возникновение гидроксил-бастнезита в парагенезисе с баритом, кварцем, сульфат-монацитом и сульфидами свидетельствует о нейтральной или слабощелочной обстановке его образования. В поверхностных условиях гидроксил-бастнезит не устойчив и разлагается с образованием диспергированных гидроокислов TR.

В заключение автор приносит благодарность А. А. Кухаренко, А. Г. Булаху, Е. И. Нефедову и В. К. Андришину за помощь и советы при выполнении работы.

Ленинградский государственный университет  
им. А. А. Жданова

Поступило  
30 IV 1964

ЦИТИРОВАННАЯ ЛИТЕРАТУРА

<sup>1</sup> Г. А. Ковалев, Е. П. Соколова, А. И. Комков, Сборн. матер. Всесоюз. н.-н. геол. инст., в. 26, Л., 1959. <sup>2</sup> В. А. Зильберминд, ДАН, сер. А, № 3 (1929). <sup>3</sup> А. К. Болдырев, Курс описательной минералогии, в. 1, Л., 1926.