

В. В. Герасимовский

**БАСТНЕЗИТ И ПАРИЗИТ
ИЗ СЕВЕРНОГО ПРИБАЙКАЛЬЯ**

Описываемые акцессорные минералы бастнезит и паризит установлены в гидротермальных карбонатных ассоциациях в Северо-Байкальской щелочной провинции, выделяемой А. Я. Жидковым (1961). Эти ассоциации генетически связаны с интрузиями щелочных пород гранитоидного ряда и приурочены к единой тектонической зоне.

БАСТНЕЗИТ

Участок, в котором обнаружен бастнезит, сложен габброидами и плагиогранитами. Габброиды составляют большую часть площади. Они в той или иной степени гранитизированы, это выражается в наличии среди них инъекционных прожилков гранитного вещества. Плагиограниты на контакте с габброидами контаминированы и содержат повышенные количества темноцветных минералов (биотит, роговая обманка). В этих породах имеется зона дробления с многочисленными кальцитовыми и цеолит-кальцитовыми прожилками и гнездами, содержащими небольшие количества бастнезита. Мощность прожилков колеблется от нескольких миллиметров до 30—40 см. Минералогический состав их несложен, но несколько необычен из-за присутствия цеолитов. Большую часть объема прожилков составляет кальцит.

Бастнезит обычно встречается в раздувах кальцитовых прожилков и в небольших количествах в призальбандовых частях кальцитовых и цеолит-кальцитовых прожилков, образуя толстотаблитчатые идиоморфные зерна, которые изредка имеют форму хорошо образованных гексагональных таблиц с гранями гексагональной призмы (1120) и пинакоида (0001). В шлифах в большинстве случаев зерна дают прямоугольные сечения. Размер зерен от 0,1 до 2 мм, и в редких случаях 5—6 мм. Цвет минерала желто-коричневый или коричневый; мелкие зерна под бинокуляром янтарно-желтые, прозрачные; черта желтовато-белая; блеск восковой и жирный; совершенная спайность по (0001); излом неровный. Хрупкий; абсолютная твердость на разрезах, параллельных тройной оси, равна 519 кг/мм², что соответствует 5,4 по шкале Мооса, и на разрезах, перпендикулярных тройной оси, — 612 кг/мм², или 5,7 по шкале Мооса. Удельный вес — 4,86 ± 0,02 (определен по микронавескам методом измерения объема вытесненной жидкости в капиллярных трубках).

Оптически одноосный, положительный, $N_o = 1,720 \pm 0,002$, $N_e = 1,820 \pm 0,004$; слабый плеохроизм от желтого по N_e до бледно-желтого по N_o , погасание прямое.

Рентгеновское изучение подтвердило, что описываемый минерал является бастнезитом (табл. 1).

Т а б л и ц а 1

Порошкограммы бастнезита (Cu-антикатод, РКД)

В. В. Герасимовский		В. И. Михеев, 1957	
I	$d_{\alpha/n}$	I	$d_{\alpha/n}$
1	4,81	2	4,94
8	3,50	8	3,54
10	2,84	10	2,87
2	2,41	3	2,43
8	2,042	9	2,052
8	2,008	9	2,005
—	—	1	1,954
10	1,878	10	1,884
3	1,769	4	1,773
6	1,667	6	1,667
5	1,562	5	1,568
2	1,476	5	1,477
3	1,342	4	1,365
3	1,294	9	1,293
2	1,273	5	1,272
—	—	3	1,199
—	—	3	1,180
2	1,175	7	1,175
1	1,150	7	1,149
—	—	3	1,130

Химический состав описываемого бастнезита приводится в табл. 2, в которой для сравнения помещен химический состав бастнезита из другого региона, а также теоретический его состав.

На основании микроскопического изучения бастнезита можно предполагать, что нерастворимый остаток представлен баритоцелестином.

Спектральный полуколичественный анализ бастнезита показал присутствие также следующих элементов 0,001—0,03% Fe, 0,003—0,01% Mn, 0,01—0,03% Mg, 0,003—0,01% Si, 0,03—0,1% Ba, 0,3—1,0% Th. Вхождение тория в состав бастнезита обуславливает его радиоактивность; на лабораторной установке «Б» измерялась интенсивность β -излучения бастнезита и эталона, на основании чего было установлено, что торий содержится в бастнезите в количестве 0,5%¹.

В рентгеноспектральной лаборатории института ГЕОХИ АН СССР автором под руководством Ю. А. Балашова был определен состав редкоземельных элементов бастнезита ($\text{TR}_2\text{O}_3 = 100\%$): 23,4% La, 54,7% Ce, 5,0% Pr, 15,6% Nd, 1,25% Sm; минерал оказался резко селективным цериевым.

Бастнезит находится в тесной ассоциации с кальцитом и обычно представлен идиоморфными зернами, неравномерно распределенными среди кальцита (рис. 1). Границы бастнезита с кальцитом в общем прямолиней-

¹ См. сб. «Радиометрические методы поисков и разведки урановых руд». М., Гостеолтехиздат, 1957.

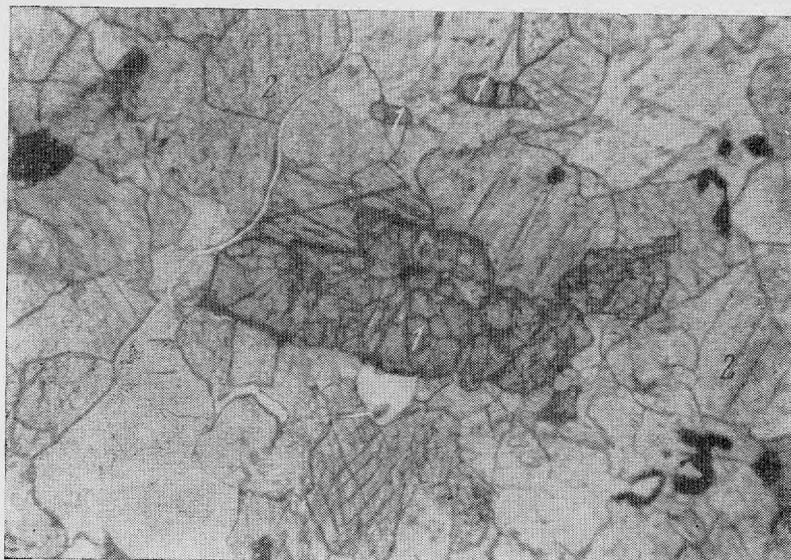


Рис. 1. Бастнезит (1) в кальците (2). Увел. 40; без анализатора

ные, соответствующие формам зерен бастнезита, но при большом увеличении видно, что они часто бывают извилистые с неглубокими внедрениями в сторону кальцита, особенно по стыку зерен. Такой характер взаимоотношений указывает на более позднее метасоматическое образование бастнезита в кальцитовых прожилках.

Большинство кальцитовых гнезд и прожилков, содержащих бастнезит, имеет цеолитовую оторочку, на границе которой с кальцитом наблюдаются зерна бастнезита, идиоморфные по отношению к кальциту и цеолитам (десмин, гейландит) и замещающие внешние части зерен этих минералов.

С бастнезитом ассоциируются микрозернистые агрегаты баритоцелестина, ксеноморфные по отношению к зернам описываемого минерала;

Таблица 2

Химический состав бастнезита (в %)

Компоненты	Теоретический состав (Дона и др., 1953)	Описываемый бастнезит	Акцессорный бастнезит из Тувы (Семенов, 1963)
TR ₂ O ₃	74,77	75,66	75,81
CO ₂	20,17	19,06 *	18,92
CaO	—	—	0,55
F	8,73	8,62	8,90
Нерастворимый остаток	—	0,60	—
С у м м а	103,67	103,94	104,18
—O = F ₂	3,67	3,63	3,74
С у м м а	100,00	100,31	100,44

* Определение CO₂ производилось в химической лаборатории геологического факультета МГУ.

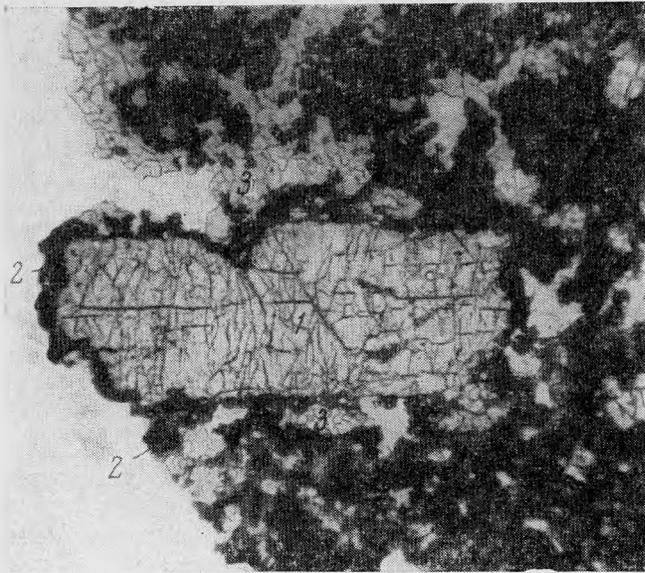


Рис. 2. Бастнезит (1) окаймляется ортитом (2); баритоцелестин (3). Увел. 40; без анализатора

Таблица 3

Схема последовательности образования минералов

Минерал	Ассоциация		
	алббит - - мусковит - - биотитовая	цеолит - - кальцитовая с бастнезитом	ортит - - биотит - - магнетитовая
Кварц	—	—	—
Алббит	●	—	—
Эпидот	—	—	—
Биотит	—	—	●
Мусковит	—	—	—
Десмин	—	●	—
Гейландит	—	—	—
Флюорит	—	—	—
Кальцит	—	●	—
Бастнезит*	—	—	—
Баритоцелестин	—	—	—
Актинолит	—	—	—
Пирит	—	—	—
Ортит	—	—	—
Торит*	—	—	—
Апатит	—	—	—
Магнетит	—	—	—
Хлорит	—	—	—

* Отмечены акцессорные минералы

баритоцелестин не наблюдается в тех прожилках, в которых нет бастнезита. Местами бастнезит окаймляется и корродируется с краев мельчайшими зернами ортита, изредка проникающими в центральной части зерен бастнезита вдоль трещин (рис. 2). Это—свидетельство о том, что баритоцелестин и ортит образовывались позже бастнезита (табл. 3).

Кроме указанных минералов, в ассоциации с бастнезитом обнаружены следующие: альбит, эпидот, биотит, мусковит, флюорит, актинолит, акцессорный торит, апатит, магнетит, пирит и хлорит (минералы названы в порядке последовательности их образования).

На основании изучения взаимоотношений минералов была установлена последовательность их образования и выделены основные ассоциации, соответствующие группам близких по времени кристаллизации минералов: альбит-мусковит-биотитовая, цеолит-кальцитовая с бастнезитом и ортит-биотит-магнетитовая (табл. 3).

ПАРИЗИТ

Участок, где был обнаружен паризит, сложен среднезернистыми биотит-роговообманковыми гранитами. Они прорываются щелочным интрузивом, включающим следующие породы (от ранних к более поздним): 1) крупнозернистые сиениты; 2) мелкозернистые граносиениты; 3) порфировидные нефелиновые сиениты. С этим интрузивом генетически связаны

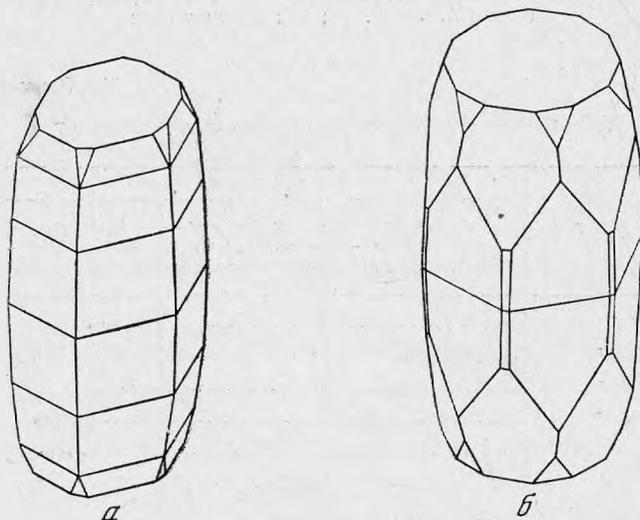


Рис. 3. Внешний облик кристаллов паризита. Увел. 20:
 а — кристалл с преимущественным развитием крутых дипирамид;
 б — кристалл боченковидного облика

альбитизация гранитов на сравнительно небольшом расстоянии (около сотни метров) от контакта с ним и возникновение минерализации в пределах альбититов. Контакты альбититов с гранитами нерезкие, но переход от гранитов через микроклинизированные и альбитизированные граниты в альбититы завершается на протяжении всего 15—20 см. В центральной части альбититы брекчированы и сцементированы анкеритом, флюоритом, пиритом, баритом, тайниолитом, ксенотимом, гематитом и другими минералами, в результате образуется сеть неправильных прожилков, а в местах их пересечений — гнезда. Кроме того, в альбититах имеются более или менее выдержанные прожилки с той же минерализацией.

Названные минералы встречаются иногда и в небрекчированных альбититах.

Паризит устанавливается в виде единичных зерен в альбититах и в виде небольших скоплений в барит-анкеритовых прожилках. Хорошо оформленные кристаллы паризита встречаются в анкерите и флюорите. Их внешний облик определяется комбинациями из трех-четырех гексагональных дипирамид. По направлению к головке кристалла отмечается смена дипирамид на более тупые, а вершины крайней дипирамиды срезаны пинакоидом (0001), вследствие чего часто образуются боченковидные формы (рис. 3а, б). Внешнепризматический облик многих кристаллов объясняется перемежающимися комбинациями очень крутых дипирамид. Грани призм малы или отсутствуют, хорошо развит пинакоид (0001). Грани дипирамид обычно покрыты горизонтальной штриховкой или глубокими бороздками. Иногда паризит образует сростки под углом 120°. Размеры зерен паризита самые разнообразные: от микроскопических сростков с баритом до миллиметровых кристалликов в анкерите и флюорите; самый крупный из обнаруженных кристаллов достигает размера 0,5×0,3×0,3 см.

Т а б л и ц а 4

Порошкограммы паризита и синхизита
(Си-антикатод, РКД)

Описываемый образец		Паризит (Михсев, 1957)		Синхизит (Михсев, 1957)	
<i>l</i>	d_{α} / n	<i>l</i>	d_{α} / n	<i>l</i>	d_{α} / n
10	2,81	6	3,54	6	3,56
7	2,035	9	2,82	9	2,81
		10	2,040	9	2,051
3	1,937	6	1,938	6	1,922
3	1,865	9	1,870	7	1,868
4	1,750	5	1,766	2	1,775
5	1,651	9	1,652	7	1,653
7	1,527	6	1,529	5	1,525
5	1,405	3	1,404	6	1,000
3	1,332	6	1,334	3	1,343
6	1,277	10	1,283	9	1,288
2	1,253	3	1,233	—	—
—	—	4	1,171	—	—
5	1,159	—	1,156	—	—
—	—	6	1,141	—	—
2	1,112	1	1,101	—	—
—	—	1	1,050	—	—
—	—	2	1,021	—	—
2	0,977	4	0,980	—	—
4	0,963	9	0,959	—	—

Цвет паризита от восково-желтого до красно-коричневого; черта желтовато-белая; просвечивающий, блеск — смолистый. Совершенная спайность по (0001); излом неровный раковистый. Хрупкий; абсолютная твердость равна 313 кг/мм^2 , что соответствует твердости 4,6 по шкале Мооса. Удельный вес, определенный по микронавескам, равен $4,07 \pm 0,02$.

В шлифе окрашен в желто-бурый цвет, окраска неравномерная пятнистая; оптически одноосный, положительный; слабо плеохроичный: N_e — желто-бурый, N_o — бледный желтовато-бурый, погасание прямое, $N_o = 1,670 \pm 0,002$, $N_e = 1,754 \pm 0,002$, $N_e - N_o = 0,084$.

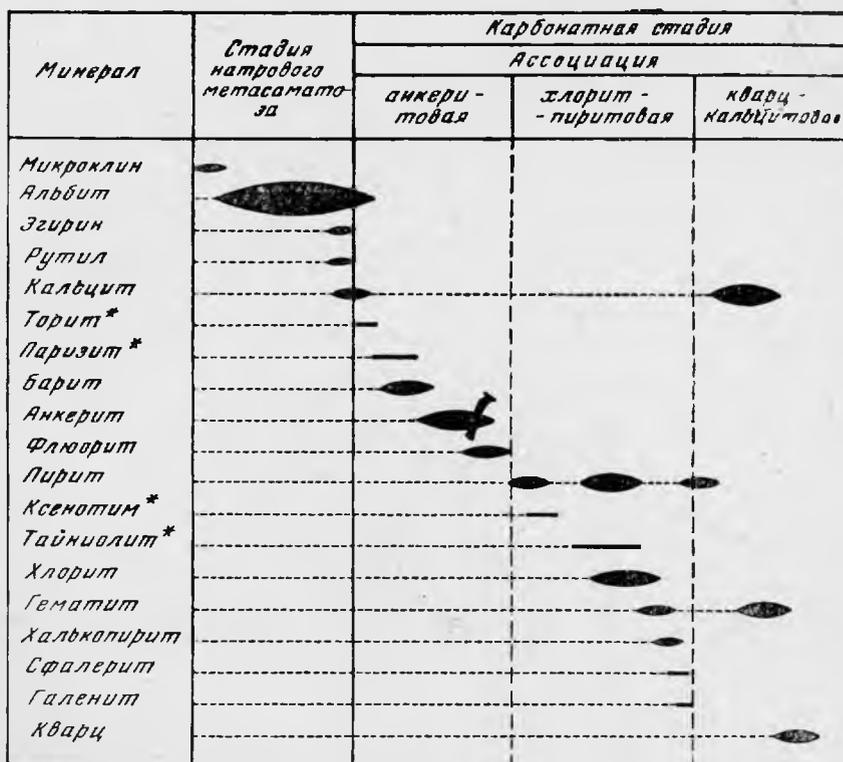
Только рентгенографическое изучение позволило окончательно установить, что описываемый минерал является паризитом, а не синхизитом, поскольку физические свойства у этих минералов идентичны (табл. 4).

С помощью спектрального полуколичественного анализа в паризите установлено наличие следующих элементов (в %): $Be < 0,001$; $Fe \sim 1,0$; $Pb 0,03-0,1$; $Si \sim 1,0$; $W 0,01-0,03$; $Bi 0,003-0,01$; $V 0,003-0,01$; $Sr 0,001-0,003$; $Ce \gg 1,0$; $Ba > 1,0$; $Zn 0,3-0,1$, $Ca > 1,0$. Кроме того, обнаружены Th, Y, P.

Чистый паризит для химического анализа отобрать не удалось из-за тесных сростаний его с другими минералами. Из наиболее тщательно отобранного материала были выделены окислы редкоземельных элементов, которые подверглись рентгеноспектральному анализу в лаборатории ГЕОХИ АН СССР (аналитик Ю. А. Балашов). Состав редкоземельных элементов паризита следующий: ($\Sigma TR = 100\%$): 18,7% La; 35,0% Ce;

Таблица 5

Схема последовательности образования минералов



*) Отмечены акцессорные минералы



Рис. 4. Паразит (1) в анкерите (2). Увсл. 40; без анализатора

3,9% Pr; 16,2% Nd; 3,6% Sm; 2,7% Gd; 0,8% Tb; 2,9% Dy; 1,0% Er; 0,65% Ho; 0,73% Yb; 13,5% Y.

Из приведенных данных видно, что паразит имеет селективно цериевый состав редкоземельных элементов, но менее резко выраженный, чем у бастнезита.

Паразит проявляет слабую радиоактивность; она обусловлена, вероятно, тончайшими включениями торита.

Паразит в альбититах приурочен к тонким трещинкам и представлен отдельными выделениями неправильной формы, которые располагаются в промежутках между зернами альбита. Вместе с паразитом в этих случаях наблюдается также небольшое количество анкерита и флюорита.

Паразит в зоне минерализованной брекчии альбититов встречается в зальбандах анкеритовых прожилков и в гнездах, сложенных баритом. В альбититах и прожилках встречается и ряд других минералов, изучение взаимоотношений которых позволило выделить ассоциации, соответствующие группам минералов, близким по времени кристаллизации. Это следующие ассоциации в порядке образования (табл. 5): эгирин-альбитовая (микроклин, альбит, эгирин, рутил, кальцит), анкеритовая (акцессорный торит, паразит, барит, анкерит, флюорит), хлорит-пиритовая (пирит, акцессорный ксенотим, акцессорный тайниолит, хлорит, гематит, халькопирит, сфалерит, галенит) и кварц-кальцитовая (кальцит, галенит, кварц).

Тесные сростания барита с паразитом и примерно одинаковая идиоморфность по отношению друг к другу указывают на почти одновременную кристаллизацию этих минералов. В анкерите и флюорите паразит представлен хорошо образованными гексагональными кристалликами (рис. 4), идиоморфность паразита по отношению к этим минералам и приуроченность к зальбандам флюорит-анкеритовых прожилков свидетельствуют о более раннем образовании паразита (табл. 5).

Поскольку после кристаллизации паразита происходило образование тайниолита, ксенотима, гематита и кальцита, то названные минералы корродируют и частично замещают паразит, что отчетливо видно, когда микропрожилки тайниолита пересекают анкеритовые и баритовые образования с содержащимися в них паразитом.

В зоне окисления паризит становится бурым и непрозрачным. При этом вокруг зерен паризита и по трещинкам отдельности образуется непрозрачный тонкозернистый агрегат оранжевого цвета, который в сильно окисленных участках замещает большую часть зерен паризита.

Большой интерес представляет вопрос о причине образования в генетически единой зоне в одних случаях паризита, а в других — бастнезита. Очень возможно, что эта причина кроется в эволюции гидротермального раствора и в связи с этим — в разной активности кальция в гидротермальных растворах, из которых кристаллизуются фторкарбонаты. При относительно большей активности кальция образуется паризит, при меньшей — бастнезит. В одной из описанных минеральных ассоциаций паризит кристаллизовался непосредственно перед анкеритом, когда активность кальция в растворах была, по-видимому, велика. В другом случае бастнезит отлагался после кальцита, когда активность кальция стала меньше, так как кальцит замещался бастнезитом и кальций частично выносился.

В заключение автор выражает благодарность профессору Г. П. Барсанову, под руководством которого производилось изучение описанных минералов, а также Ю. А. Балашову, оказавшему большую помощь в освоении методики химического и рентгеноспектрального анализов редкоземельных элементов.

ЛИТЕРАТУРА

- Дэна Дж. Д., Пэлач И., Берман Г., Фрондель К. Система минералогии. М., Изд-во иностр. лит., 1953.
- Жидков А. Я. Новая Северо-Байкальская щелочная провинция и некоторые черты нефелиноносности ее пород.— Докл. АН СССР, 1961, 140, № 1.
- Мягеев В. И. Рентгенометрический определитель минералов. М., Госгеолтехиздат, 1957.
- Семенов Е. И. Минералогия редких земель. Изд-во АН СССР, 1963.