

Е. В. КОПЧЕНОВА и Г. А. СИДОРЕНКО

БЕАРСИТ — МЫШЬЯКОВЫЙ АНАЛОГ МОРАЭСИТА

Большая часть минералов бериллия, по данным А. А. Беуса (1960), обладает высокой устойчивостью по отношению к химическим агентам и в процессе выветривания подвергается в основном механическому разрушению, рассеиваясь при эрозии с обломочным материалом.

Относительно более легко изменяются химическим путем лишь минералы группы гельвина — даналита, в состав которых входит сульфидная сера, легко окисляющаяся в условиях земной поверхности. Имеются предположения о возможности образования в гипергенных условиях фенакита по даналиту и гельвину. В районах месторождений, содержащих гельвин и даналит, отмечаются повышенные концентрации бериллия в кислых грунтовых и рудничных водах.

В последние годы выявлено несколько силикатов бериллия, образующихся при разложении эпидидимита щелочных пегматитов в поверхностных условиях (Семенов, 1957).

При изучении зоны окисления гидротермального редкометалльного рудопроявления в Казахстане обнаружен новый минерал — арсенат бериллия, выявление которого представляет несомненный интерес, так как до настоящего времени подобных минералов нигде не отмечалось. Из 40 минералов бериллия, приведенных в работе А. А. Беуса (1960), нет ни одного арсената.

Упомянутое рудопроявление приурочено к девонским фельзит-порфирам и их туфобрекчиям. Отличительной особенностью рудопроявления является широкое развитие мышьяковой минерализации как в гипогенных, так и в гипергенных условиях. Гипогенная минерализация представлена здесь сульфидами, среди которых наиболее распространены арсенопирит, молибденит и галенит; в меньших количествах присутствуют пирит, сфалерит, реальгар, аурипигмент. Вместе с сульфидами встречаются незначительные количества настурана. В поверхностных частях зоны гипергенеза сульфиды мышьяка окисляются до AsO_4^{3-} и образуют комплекс разнообразных арсенатов: скородит-мансфилдит, фармакосидерит, арсеносидерит, конихальцит, тиролит, натриевый ураноспинит, метацейнерит. Вместе с этими арсенатами обнаружен новый минерал — арсенат бериллия, названный по составу беарситом (Be, As) и по своим свойствам являющийся мышьяковым аналогом фосфата бериллия — морaesита (Lindberg и др., 1953).

В пределах рудопроявления бериллий пользуется широким распространением. В выделениях кварца среди фельзит-порфиров отмечено присутствие мелких кристаллов берилла. При спектральном анализе во многих минералах как гипогенного, так и гипергенного происхождения часто выявляются повышенные количества бериллия (табл. 1). В фельзит-порфирах, вмещающих оруденение, также отмечаются тысячные и реже сотые доли процента бериллия.

Учитывая, что кларк бериллия в кислых эффузивных породах по данным А. А. Беуса равняется $6 \cdot 10^{-4}\%$, а средний кларк бериллия в земной коре, по определению Гольдшмидта и Петерса, равен $1.8 \cdot 10^{-4}\%$, нужно признать, что в пределах рудопроявления отмечается повышен-

Таблица 1

Содержание бериллия в минералах по данным спектрального анализа

Минерал	%	Минерал	%
Мусковит из зоны гидротермального изменения	0. n	Реальгар	0.00 n
Сфалерит светло-бурый	0.0 n	Конихальцит	0.00 n
Турмалин из гранита	0.00 n	Скородит-мансфелдит	0.00 n — — 0.00 n
Турмалин из зоны гидротермального изменения	0.00 n	Фармакосидерит	0.00 n
Мусковит из гранита	0.00 n	Арсеносидерит	0.00 n
Серицит	0.00 n	Вульфенит	0.00 n
Арсенопирит	0.00 n	Повеллит	0.00 n
Молибденит	0.00 n		

ное содержание бериллия, явившееся причиной образования беарсита в зоне гипегенеза.

Беарсит встречается в небольших количествах в зоне окисления на глубине 15 м от поверхности. Образуется он, видимо, позднее образования арсенатов железа — фармакосидерита и арсеносидерита, отлагающихся тонкими налетами на плоскостях трещиноватости красноватых фельзит-порфиров. Белые спутанноволокнистые агрегаты тонких кристаллов беарсита выделяются на поверхности фармакосидерита и арсеносидерита. Размеры отдельных кристаллов минерала измеряются десятками и сотыми долями миллиметра. Форма кристаллов беарсита, определенная методом обволакивающей угольной реплики в лаборатории ИГЕМ АН СССР, удлиненнопризматическая с продольной штриховкой граней. Как можно судить по приведенным фотографиям (рис. 1), минерал образует кристаллы, совершенно идентичные с кристаллами моразита (рис. 2). Блеск беарсита шелковистый. Удельный вес, определенный методом погружения в тяжелые жидкости, больше 1.8, но меньше 2. Более точное определение удельного веса провести невозможно в связи с малыми размерами отдельных кристаллов и отсутствием достаточного количества чистого минерала.

Сопоставление физических свойств беарсита и моразита, приведенное в табл. 2, указывает на полное сходство этих минералов.

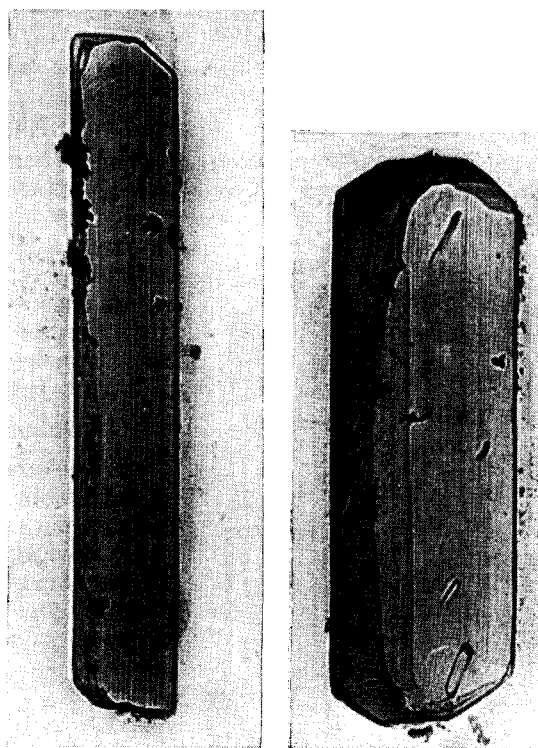


Рис. 1. Кристаллы беарсита (обволакивающая угольная реплика), увел. 20 000.

Таблица 2

Сопоставление свойств беарсита и мораэсита

Свойства	Беарсит	Мораэсит (Lindberg и др., 1953)
Сингония	Моноклиная.	Моноклиная.
Цвет	Белый.	Белый.
Форма кристаллов . .	Тонкие призматические кристаллы с продольной штриховкой на гранях.	Тонкоигольчатые кристаллы длиннопризматического облика с продольной штриховкой на гранях.
Размеры элементарной ячейки (в Å) {	$a = 8.55 \pm 0.02$, $b = 36.90 \pm 0.02$, $c = 7.13 \pm 0.02$, $\beta = 97^\circ 49' \pm 0^\circ 30'$.	$a = 8.55$, $b = 36.90$, $c = 7.13$, $\beta = 97^\circ 41'$.
Оптический знак . . .	«—».	«—».
N_g	1.502 ± 0.001 .	1.490.
N_m	Близок к N_g .	1.482.
N_p	1.490 ± 0.001 .	1.462.
$N_g - N_p$	0.012.	0.028.
	$c : N_g = 8-10^\circ$.	$c : N_m = 11^\circ$.
Удельный вес	$> 1.8 < 2.0$ (измеренный), 2.199 (вычисленный).	1.805.
Химическая формула .	$\text{Be}_2[\text{AsO}_4](\text{OH}) \cdot 4\text{H}_2\text{O}$ (предполагаемая).	$\text{Be}_2[\text{PO}_4](\text{OH}) \cdot 4\text{H}_2\text{O}$.

При рентгенометрическом изучении беарсита получена дебаеграмма (табл. 3), показывающая, что кристаллическая структура его практически идентична со структурой моноклиного фосфатабериллия — мораэсита. Это обстоятельство позволяет провести сравнительное индиферирование дебаеграммы беарсита и определить параметры его элементарной ячейки,¹ приведенные в табл. 2. Аналогия как в параметрах ячейки, так и в меж-

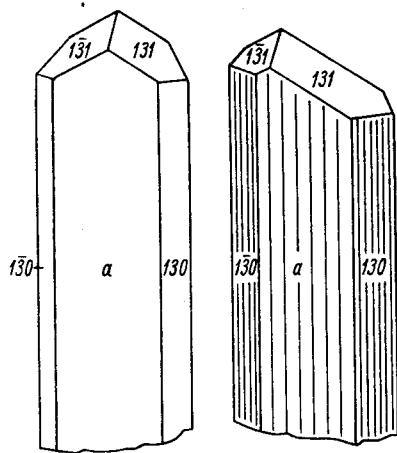


Рис. 2. Кристаллы мораэсита (Lindberg и др., 1953).

плоскостных расстояниях ($\frac{d}{n}$ и Γ) позволяет считать беарсит и мораэсит изоструктурными минералами, и логичной формулой для беарсита будет $\text{Be}_2[\text{AsO}_4](\text{OH}) \cdot 4\text{H}_2\text{O}$. Число молекул в ячейке по аналогии также можно принять равным 12. Это дает возможность найти расчетную рентгеновскую плотность минерала по известной формуле $D = \frac{N \cdot M \cdot m_{\text{H}}}{V}$, где D — плотность, N — число молекул в ячейке, M — молекулярный вес, m_{H} — вес атома водорода, V — объем элементарной ячейки. Вычисленная плотность равна 2.199 г/см³. Плотность несколько большая, чем у мораэсита (1.806), что вполне понятно при замещении фосфора с атомным весом 30.98 на более тяжелый мышьяк (атомный вес 74.91).

¹ Для определения параметров привлекались все отражения, что выявило два (190 и 262), которые не дают приемлемых величин и оказались β -отражениями.

Рентгенограммы беарсита и моразита

Таблица 3

Беарсит *		Моразит (Lindberg и др., 1953)			Беарсит *		Моразит (Lindberg и др., 1953)		
$\frac{d}{n}$	I	hkl	$\frac{d}{n}$	I	$\frac{d}{n}$	I	hkl	$\frac{d}{n}$	I
6.95	10	130	7.00	10	—	—	462	1.651	1
6.18	2	060	6.15	4	—	—	1, 15, 3	1.639	2
5.31	4	131	5.28	3	1.614	1	—	—	—
(4.69)	3	200 $\bar{3}$	—	—	1.559	1	531	1.586	0.5
4.23	6	200	4.24	6	—	—	591	1.571	0.5
(3.89)	1	002 $\bar{5}$	—	—	1.563	2	204	1.560	0.5
(3.64) — 261 $\bar{3}$	3	190 $\bar{2}$	3.69	0.5	(1.527) 5.15.0 $\bar{3}$	2	—	—	—
3.51	4	002	3.54	1	—	—	264	1.512	0.5
—	—	260	3.49	1	1.501	4	3, 21, 0	1.492	1
—	—	191	3.34	0.5	1.468	1	4, 18, 0	1.472	0.5
3.31	8	261	3.278	9	1.440	3	2, 24, 0	1.440	2
—	—	191	3.198	3	1.418	3	600	1.409	1
—	—	0, 12, 0	3.071	3	1.392	4	5, 15, 0	1.396	1
3.02	6	132	3.023	6	1.362	3	065	1.378	1
2.88	5	202	2.910	0.5	—	—	2, 24, 2	1.359	0.5
—	—	0, 12, 1	2.819	6	—	—	5, 15, 1	1.341	0.5
2.76	3	330	2.753	3	1.329	3	—	1.333	0.5
—	—	331	2.685	0.5	—	—	—	1.316	0.5
(2.58) 1.15.0 $\bar{3}$	1	262 $\bar{2}$	2.631	1	1.307	1	—	1.307	0.5
2.45	2	192	2.479	1	—	—	—	1.289	0.5
—	—	331	2.459	1	1.272	4	—	1.274	0.5
—	—	2, 12, 1	2.405	1	—	—	—	1.262	0.5
2.37	4	1, 15, 0	2.354	2	—	—	—	1.251	0.5
—	—	390	2.325	4	1.243	3	—	1.245	1
(2.25)	2	0, 18, 0 $\bar{3}$	2.288	0.5	1.229	1	—	1.229	0.5
2.145	5	391	2.141	2	—	—	—	1.220	2
—	—	400	2.116	1	1.212	2	—	—	—
2.07	4	0, 18, 0	2.050	4	1.205	2	—	—	—
2.007	1	460	1.998	3	—	—	—	1.190	0.5
1.956	5	0, 18, 1	1.964	2	1.183	3	—	1.183	1
—	—	193	1.937	2	(1.128)	1 ш	—	—	—
1.889	5	0, 12, 3	1.870	1	1.106	1 ш	—	—	—
—	—	462	1.843	0.5	1.085	2 ш	—	—	—
—	—	2, 18, 1	1.813	0.5	1.067	3 ш	—	—	—
1.776 — 134	5	3, 15, 1	1.757	3	1.051	1 ш	—	—	—
—	—	4, 12, 0	1.738	0.5	1.032	1 ш	—	—	—
1.720	2	1, 21, 0	1.720	0.5	1.020	4 ш	—	—	—
1.665	5	531	1.677	0.5	—	—	—	—	—

Результаты микрохимического анализа беарсита, выполненного Л. И. Полупановой, приведены в табл. 4.

Уточнить результаты определения мышьяка и воды не было возможности в связи с отсутствием достаточного количества чистого минерала. При спектральном анализе отмечено присутствие 0.0n% Mn и 0.00n% Ti.

Минерал растворяется в соляной, азотной и серной кислотах.

* Дебаеграмма беарсита получена в камере РКУ-114 на нефльтрованном Си-излучении (напряжение 40 kV, сила тока 16 mA).

Т а б л и ц а 4

Химический состав беарсита

Окислы	Получено при микро- скопическом анализе	Теоретический состав $\text{Be}_2[\text{AsO}_4](\text{OH})_2 \cdot 4\text{H}_2\text{O}$
BeO	16.75	20.35
Al ₂ O ₃	6.06	—
Fe ₂ O ₃	1.08	—
CaO	1.40	—
MgO	0.61	—
SiO ₂	1.64	—
As ₂ O ₅	Бо ьше 25.5	46.72
H ₂ O	Больше 29.0	32.93

В связи с отсутствием полного химического анализа беарсита невозможно вывести его формулу. Вышеуказанное сходство структуры минерала со структурой мораэсита позволяет утверждать, что он является мышьяковым аналогом последнего.

В заключение авторы выражают искреннюю благодарность Г. С. Грицаенко, в лаборатории которой проведено электронномикроскопическое изучение беарсита, позволившее выявить формы кристаллов этого минерала.

Минерал хранится у авторов во Всесоюзном институте минерального сырья (Москва).

Литература

- Б е у с А. А. (1960). Геохимия бериллия и генетические типы бериллиевых месторождений. Изд. АН СССР.
- С е м е н о в Е. И. (1957). Гельбертрандит и сферобертрандит — новые бериллиевые минералы щелочных пегматитов. Тр. Инст. минер. и геохим. редких элем. АН СССР, вып. 1.
- L i n d b e r g M. L., W. T. Р е с о r a, A. L. de. M. B a r b a s s a. (1953). Moraesite, a new hydrous beryllium phosphate from Minas Gerais, Brazil. Amer. Miner., v. 38, № 11—12, стр. 1126—1133.