

Аврова, Н. Р., et al. (1968) Mineralogy of borates in halogen formations. In: Geology and Exploration of Solid Mineral Deposits of Kazakhstan 1969, pp 169-173

Н. П. АВРОВА, В. М. БОЧАРОВ, И. И. ХАЛТУРИНА, З. Р. ЮНУСОВА

К МИНЕРАЛОГИИ БОРАТОВ В ГАЛОГЕННЫХ ОТЛОЖЕНИЯХ

В данном сообщении приводятся сведения по новым минералам класса боратов, встреченным и изученным авторами в галогенных отложениях. Некоторые из этих минералов уже описаны сотрудниками ВНИИГ и КазИМС [1, 2, 3, 4], но характеристики их не всегда полные и нередко несколько расходятся с полученными нами в последнее время. Дополнительные сведения приводятся по галургиту, аксаиту, строшнобориту, метабориту. Материалы по новым боратам — сатимолиту, альджаниту и челкариту публикуются впервые.

Г а л у р г и т — водный магниевый борат. Впервые встречен и изучен нами в 1959 г. в виде гнездообразных и линзовидных включений в каменной соли совместно с калиборитом, пинноитом и ангидритом, а также в бишофит-галитовой породе в виде галит-галургитовых пропластков мощностью в несколько миллиметров. Как породообразующий он был обнаружен в виде прослов мощностью 1,5 см в слоистой галит-калиборит-галургитовой породе с борацитом.

Во всех случаях галургит представлен ромбовидными пластинчатыми кристаллами, часто образующими пачковидные и червеобразные сростки. Размеры зерен в основном не превышают 0,5 мм, редко достигают 3 мм, по длинной оси. В большинстве случаев агрегаты галургита имеют микрозернистое чешуйчатое строение с размерами зерен от 0,005 до 0,01 мм. Оптическая характеристика совпадает с опубликованной [3]. Химический состав минерала (аналитик М. И. Алешина, ЮГКУ), %: B_2O_3 59,46; CaO 0,12; MgO 18,25; K_2O 0,17; Na_2O 0,37; Cl 0,1; H_2O 19,2; сумма 97,67. Исходя из данных анализа, химическая формула минерала — $2MgO \cdot 4B_2O_3 \cdot 5H_2O$. На порошкограмме галургита выделяется ряд сильных линий: 14,6 (10); 6,5 (9); 4,7 (9ш); 3,82 (10); 3,34 (10). Термограмма галургита снималась в лабораториях КазИМС и ИГИ АН КазССР. При скорости нагрева 10° в минуту (КазИМС) выделяются четыре четких эндотермических эффекта при температурах 170, 280, 550, 975° и менее четкий при $650^\circ C$, а также один экзотермический эффект при 765° . При съемке со скоростью нагрева 25° в минуту (ИГИ) на кривой выделяется четыре эндотермических эффекта при температурах 225, 335, 615, $1010^\circ C$. По отношению к первой кривой эффекты сдвинуты на $50-55^\circ$ в сторону повышения температур.

А к с а и т — водный магниевый борат. Местами достигает породообразующего значения и встречается в бишофит-галитовых породах в ассоциации с борацитом, джиноритом, преображенскитом, галургитом, ангидритом, реже метаборитом, строшноборитом. Наблюдается в виде широкопризматических, шестигранных и поперечном сечении, уплощенных

кристаллов размером 0,3—1,0 см по длине, буровато-серого и желтоватого цвета, реже бесцветный, полупрозрачный. В кристаллах обычны многочисленные включения ассоциирующих минералов и пузырьки рапы и газа. Иногда встречаются крестообразные двойники. Оптическая характеристика совпадает с опубликованной [1]. Химический состав аксаита по результатам анализов двух проб, % (аналитик Л. А. Артюхова, КазИМС): MgO 11,6 и 11,58, CaO 1,15 и 1,0, B₂O₃ 56,45 и 57,92, SO₃ 2,37 и не опр., H₂O 27,74 и 27,63. Сумма 100,58 и 97,15.

Исходя из данных химического анализа, формула минерала — MgO · 3B₂O₃ · 5H₂O. Термическая характеристика аксаита изучалась двумя лабораториями (КазИМС и ИГН АН КазССР). При скорости нагрева 10° в минуту (КазИМС) на кривой выделяются два резких эндотермических эффекта при температурах 325 и 975° С и один экзотермический при 740°. При скорости нагрева 25° в минуту (ИГН) выделяются два эндотермических эффекта при температурах 350 и 990° и один двойной экзотермический в пределах 800—900°. Дебаеграмма аксаита хорошо идентифицируется с опубликованной [1].

Стронциоборит — стронцийсодержащий водный борат. Минерал редкий. Впервые нами встречен в 1959 г. в виде гнездобразных включений (размером до 1×1 см) пластинчатых слюдоподобных кристаллов в брекчиенидной магнезит-галитовой породе, перекрывающей пачку боросных бишофит-галитовых пород. Включения распределялись вблизи контакта пелитоморфных магнезитовых образований с галитом. Стронциоборит также наблюдался в нерастворимых остатках боросных бишофит-галитовых пород совместно с джидоритом, борацитом, галургитом и ангидритом. Здесь пластинки его не превышают 0,2 см в длину. Минерал встречается в небольших количествах, но всегда определяется в нерастворимых остатках и шлифах пород благодаря своему характерному облику (слюдоподобные пластинки) и очень большому двупреломлению (0,109). Оптическая характеристика совпадает с опубликованной [2]. Химический анализ нами не проводился. По данным В. В. Лобановой, химический состав стронциоборита, %: CaO 4,15, SrO 21,60, MgO 5,75, B₂O₃ 57,85, H₂O 11,52. Минерал, вероятно, был не чисто отобран и формула его окончательно не установлена до сих пор. Дебаеграмма стронциоборита, снятая в лаборатории КазИМС, хорошо сопоставляется с опубликованной. Сильные линии: 7,33 (10); 4,09 (8); 3,50 (7); 3,32 (7); 3,06 (6). Термический анализ стронциоборита производился дважды в лаборатории Волковской экспедиции при скорости нагрева 75° в минуту. Были получены идентичные кривые с двумя четкими эндотермическими эффектами при температурах 590—600 и 750—770°С и одним экзотермическим при 690—700°.

Метаборит — природная метаборная кислота. Минерал впервые обнаружен в 1962 г. Н. П. Авровой и В. В. Лобановой [4]. Дополнительными исследованиями в метаборите нами установлены микровключения борацита, ангидрита, галита, кварца, карналлита, что свидетельствует о более позднем образовании метаборита относительно перечисленных минералов. Эти данные противоречат мнению В. В. Лобановой о первичном характере метаборита.

Сатимолит — новый водный борат алюминия, щелочей и магния. Встречен в 1964 г. в боросной глинисто-галит-полигалитовой породе в ассоциации с борацитом. Образует гнездобразные включения белого цвета округлой формы размером от долей до 4—6 мм в диаметре, пространственно тяготеющие к приконтактовым частям полигалита с глинисто-борацитовыми образованиями. В единичных случаях сатимолит отмечается в зальбэндах галитового прожилка, секущего полигалит-

глинистую породу, а также по тонким трещинам в полигалит-магнезит-галитовой породе в виде жильных образований. Округлые включения его нередко присутствуют в почти мономинеральных тонкозернистых полигалитовых породах. Большей частью сатимолит находится в рассеянном состоянии в незначительных количествах, редко достигая породообразующего значения. Условия нахождения сатимолита свидетельствуют о том, что это вторичный минерал.

Структура сатимолитовых образований афанитовая, микрозернистая. Форма зерен ромбовидная, реже неправильная. Размеры их не превышают 0,005—0,008 мм по большей диагонали. Показатели преломления: $n_g' = 1,552 \pm 0,002$, $n_p' = 1,535 \pm 0,002$. Двусный, отрицательный, 2V очень мал.

Состав минерала сложный. Микрохимический анализ двух проб сатимолита, выполненный в лабораториях КазИМС (проба 1) и ВИМС (проба 2), дал следующие результаты, %: F_2O_3 3,14 и 1,78, Al_2O_3 15,81 и 16,62, B_2O_3 31,44 и 35,80, MgO 9,37 и 8,39, Na_2O 6,85 и 4,97, K_2O 4,45 и 4,18, Cl не опр. и 11,48, H_2O^+ не опр. и 19,33, $H_2O^{св}}$ 0,83 и не опр., п. п. и CO_2 26,63 и не опр., сумма 99,52 и 99,97 (102,55—2,58 при $Cl_2=O$). Исходя из этого, состав сатимолита можно выразить формулой: $KCl \cdot 2NaCl \cdot 3(Mg, Fe)O \cdot 2Al_2O_3 \cdot 5B_2O_3 \cdot 10H_2O$. Факт вхождения $NaCl$ и KCl в состав минерала неоднократно подтверждался химическим анализом тщательно отобранных и промытых водой образцов сатимолита, практически лишенных примесей.

Рентгеновское исследование сатимолита проведено Ю. В. Шиповаловым (КазИМС) методом порошка (табл. 1). Дебаеграмма снималась в камере типа РКД с диаметром 57,3 мм на трубке БСВ-1 с железным анодом. Режим съемки: напряжение 30кВ, сила тока 4мА, экспозиция 10 час. Дебаеграмма сатимолита хорошо проиндексировалась в предположении ромбической сингонии. Параметры элементарной ячейки имеют следующие значения: $a_1 = 12,62$, $b_2 = 18,64$, $c_0 = 6,97$, $a_0 : b_0 : c_0 = 0,677 : 1 : 0,374$.

Таблица 1

Интенсивности, значения межплоскостных расстояний и индексы отраженной сатимолита

<i>h</i>	<i>d/n</i>	<i>hkl</i>	<i>h</i>	<i>d/n</i>	<i>hkl</i>	<i>h</i>	<i>d/n</i>	<i>hkl</i>
9	5,52	030	5	2,103	600; 442; 550	1	1,323	503; 0-12-0
3	7,47	120	1	2,031	303; 512	2	1,300	902; 683
3	6,95	2003	8	1,956	471; 580	1	1,282	255; 484
9	6,27	200	7	1,939	532; 153	1	1,264	654; 10-0-0
4	4,66	201; 040	3	1,837	650	3	1,242	724; 970
3	4,46	230	3	1,798	552	3	1,197	535
9	4,02	041	2	1,756	004; 073	2	1,190	375; 754
2	3,84	320	2	1,729	292; 104	2	1,168	390; 872
3	3,51	530; 553	—	1,695	121	—	1,147	207; 953
10	3,21	151; 400	6	1,614	590; 671	3	1,130	345; 694
4	2,997	420	1	1,552	553; 820	1	1,117	654
4	2,834	351	6	1,508	424; 293	3	1,105	156
2	2,704	5213	2	1,477	043	1	1,077	704; 931
2	2,560	0033	2	1,437	802; 364	3	1,060	755
8	2,441	520	2	1,386	065; 910	2	1,051	276
2	2,421	450	1	1,375	842; 772	2	1,041	765
5	2,315	003	1	1,361	870; 035; 743	2	1,030	463; 835
1	2,240	081; 023	4	1,347	225; 673	1	1,022	775
2	2,173	4713; 5503						

А л ь д ж а н и т — новый хлорсодержащий борат. Встречен в 1964 г. в нерастворимом остатке галит-карналлит-бишофитовой породы совмест-

но с кристаллами хильгардита, ангидрита, челкарита, редкими зернами борацита и тонкокристаллического карбоната. Минерал представлен прозрачными бесцветными и бледно-розовыми кристаллами дигипирамидальной формы. Кристаллы имеют алмазный блеск. Удельный вес 2,21. Оптическая характеристика: $ng' = 1,620 \pm 0,002$, $nr' = 1,600 \pm 0,002$, nt близок nr . Двуосный, положительный; $2V$ не определялся. Замер кристаллов на гониометре произведен в лаборатории ИГН АН КазССР В. Ю. Тойбаевой. Отношение осей $a : b : c = 0,871 : 1 : 0,558$. Символ грани $\{111\}$, координаты: $\varphi 48^\circ 56'$, $\rho 40^\circ 21'$ (ромбическая пирамида).

Из-за отсутствия нужного количества материала химическим путем было определено только содержание окиси бора (23,6%). Рентгеноспектральным полуколичественным анализом в минерале обнаружены, %: Са ~ 15—20, Сl ~ 10, Мп ~ 1. Спектральным полуколичественным анализом установлено, %: Са > 1, Mg > 1, Вl > 1. Рентгеновское исследование альджанита проводилось монокристалльным методом и методом порошка. Лауэграммы и рентгенограммы колебаний снимались в камере КРОП-2 с цилиндрической кассетой диаметром 57,3 мм, на трубке БСВ-1 с медным анодом при напряжении 35 кV, силе тока 18 мА, экспозиция 1,5 час. Координатные оси были выбраны в соответствии с гониометрическими данными. По лауэграммам и рентгенограммам колебаний определена ромбическая сингония. Параметры элементарной ячейки: $a_0 = 12,76 \pm 0,01$, $b_0 = 14,59 \pm 0,01$, $c_0 = 8,19 \pm 0,01$. $a_0 : b_0 : c_0 = 0,874 : 1 : 0,561$. Объем элементарной ячейки 1524,72. Исследования альджанита методом порошка проводилось в камере типа РКД с диаметром кассеты 57,34 мм, на трубке БСВ-4 с железным анодом. Режим съемки: напряжение 26 кV, сила тока 4 мА, экспозиция 12 часов. Интенсивность межплоскостных расстояний и индексы отражений приведены в табл. 2. Лебаэграмма не идентифицируется ни с одним из известных боратов.

Челкарит — новый магний-кальциевый хлорсодержащий борат. Встречен одновременно с вышеописанным альджанитом в нерастворимом остатке галит-бишофит-карналлитовой породы совместно с хильгардитом, ангидритом, редкими зернами борацита и тонкокристаллического карбоната. Минерал представлен уплощенными удлиненнопризматическими кристаллами со сложноограниченными головками. Макроскопически кристаллы челкарита очень похожи на кристаллы гидроборацита. Размер их от 2—3 до 15 мм по длинной оси. Минерал имеет совершенную и весьма совершенную спайность по двум направлениям, параллельную удлинению кристаллов. При дроблении раскалывается на тонкие иголочки. Бесцветный, прозрачный. Крупные кристаллы иногда имеют перламутровый блеск. Оптические константы минерала: $ng' = 1,559 \pm 0,002$, $nr' = 1,520 \pm 0,002$, $Ng \parallel c$, двуосный. Минерал встречен в небольшом количестве. Мономинеральные пробы челкарита анализировались микрохимическим методом в лабораториях КазИМС и ВИМС. Результаты анализа по двум пробам в весовых процентах следующие: B_2O_3 15,39 и 20,07, СаО 18,33 и 15,85, MgO 15,27 и 14,92, Na_2O 0,72 и 0,34, K_2O 0,20 и 0,44, Сl не опр. и 18,38, SiO_2 не опр. и 0,49, Fe_2O_3 не опр. и 0,48, H_2O не опр. и 33,7. По второй пробе $O = Cl_2$ 4,13, сумма 100,54. В связи с расхождением данных по содержанию окиси бора необходимо сделать контрольный анализ, выполнение которого задерживается из-за недостаточности материала. Рентгеноструктурный анализ производился монокристалльным методом и методом порошка. На рентгенометре КФОР-4 получены рентгенограммы вращения и развертки нулевых и первых слоевых линий по трем основным осям. Определено, что минерал принадлежит к ромбической сингонии. Пространственная группа $D_{2h}^{15} - P_{\text{вса}}$. Размеры элементарной ячейки: $a_0 = 13,69 \pm 0,01$, $b_0 = 20,84 \pm 0,01$, $c_0 = 8,26 \pm 0,01$; $a_0 : b_0 : c_0 =$

Таблица 2

Интенсивности, значения межтлоскостных расстояний и индексы отражений
альджанита и челкарита

Альджанит						Челкарит					
I	d/n	hkl	I	d/n	hkl	I	d/n	hkl	I	d/n	hkl
10	7,46	020	2	1,824	080	1ш	1,157	0 27	9	10,42	020
4	6,53	200	3	1,806	253	2от	1,128	10·6·0	5	6,58	111
1	4,82	220	1	1,780	044	2	1,102	337 585	1	5,92	121
2	4,19	002	3	1,758	632	2	1,092	086	7	4,96	131
2	(3,92)	2020	2	1,734	404	3	1,075	726	4	4,189	141; 231
6	3,69	040	5	1,689	453	1	1,064	12·0·0	2	4,012	102
8	3,49	202	4	1,615	282	1ш	1,053	935	10	3,531	202
2	3,39	212	4	1,594	810	1	1,027	038	1	3,335	222
6	3,19	400	2	1,568	064	2	1,015	238	3	3,231	042
2	3,15	222	5	1,531	821	1	1,008	955	1	3,019	421
9	3,07	32	1	1,520	534; 083	1	0,9961	766	1	2,930	322
6	2,987	331	1	1,502	572	1	0,9928	238	4	2,751	171
3	2,925	(111; 24)	2	1,474	723				2	2,677	450
9	(2,752)	242	2	1,450	415				4	2,579	311
8	2,548	402	1	1,416	155				2	2,335	281
5	2,503	242	2	1,595	582				8	2,209	551
7	2,429	060	3	1,566	006; 081				7	2,029	541
7	2,350	133	2	1,525	836				3	1,868	491; 533
8	2,318	351	1	1,305	583				3	1,821	543; 283
8	2,171	502	2	1,267	862				1	1,778	4-10·0
7	2,095	062	1	1,257	406				2	1,701	0-12·1; 633
8	2,061	004	2	1,245	853				1ш	1,604	771; 534
6	2,000	423	1	1,237	426				1	1,468	0-12·3; 644
1	1,964	153	1	1,222	085				1	1,417	365
1	1,908	452	1	1,211	872				2	1,212	186
	(1,858)	453	3	1,200	880; 10·2·2				2	1,165	296

Примечания: ш — широкая линия.

$\rho = 0,657$; $d = 0,396$. Объем элементарной ячейки 2356,6. Исследование порошкограмм проводилось в камере РКД с железным анодом при напряжении 26 кВ, силе тока 4 мА, экспозиции 25 часов. Полученная дебаграмма (табл. 2) не идентифицируется ни с одним из известных боратов.

Приведенные выше оптические характеристики, химический состав и данные рентгенометрических исследований сатимолита, альджанита и челкарита, несомненно, позволяют считать их новыми, раньше не известными минералами.

ЛИТЕРАТУРА

1. Блазко Л. П., Кендратьева В. В., Сржемский Я. Я. Аксайт — новый борат минерал. Бюлет. Зол. ВМО, 91, 1962.
2. Лобанова В. В. Новый борат — стронциоборит. ДАН СССР, 135, № 1, 1960.
3. Лобанова В. В. Новый борат — галургит. ДАН СССР, 143, № 3, 1962.
4. Лобанова В. В., Аврва Я. П. Новый минерал метаборит — природная метаборная кислота. Зол. ВМО, 93, 1964.