

УДК 549.73

В. В. ЛОБАНОВА и Н. П. АВРОВА

### НОВЫЙ МИНЕРАЛ МЕТАБОРИТ — ПРИРОДНАЯ МЕТАБОРНАЯ КИСЛОТА

Описываемый ниже минерал был открыт и изучен в 1962 г. независимо двумя авторами — В. В. Лобановой (ВНИИ галургии, Ленинград) и Н. П. Авровой (Каз. ИМС, Алма-Ата). Результаты исследований объединены и приводятся в предлагаемой статье.

Новый борат, встреченный нами при изучении керн соляных пород, представляет собой кристаллическую метаборную кислоту и в соответствии с его химическим составом ( $\text{HBO}_2$ ) назван метаборитом (metaborite). Он находится в каменной соли в виде агрегатов изометрической формы, достигающих 1 см и более (рис. 1) и хорошо выделяется из общей массы породы при обработке образцов водой. По данным Авровой, на некоторых кристаллах четко прослеживается развитие единичных граней тетраэдра, форма одного из кристаллов представляет собой комбинацию тетраэдра и тригонтри-тетраэдра.

Метаборит прозрачный и бесцветный, иногда коричневато-серый, коричневый; черта белая, блеск стеклянный, твердость 5 по шкале Мооса, удельный вес, определенный с помощью пикнометра, равен 2.47.\* Медленно растворяется в воде, хорошо растворяется в соляной кислоте. По оптическим свойствам метаборит изотропный, показатель преломления, определенный в проверенных на рефрактометре иммерсионных жидкостях,  $N = 1.618 \pm 0.002$ . Минерал хрупок, излом раковистый. В шлифах метаборит прозрачный и бесцветный, характеризуется резким рельефом и шагреновой поверхностью. Видны грубые, иногда неправильные трещинки спайности, по-видимому, по кубу.

Качественным спектральным анализом, выполненным Р. Н. Грибановой, в пробе 1, отобранной на химический анализ, было установлено только наличие магния и бора.

В табл. 1 приведены результаты химических анализов двух проб, выполненных химиками-аналитиками А. И. Соколовой и М. М. Вильнером (ВНИИГ). В них обращает на себя внимание очень небольшое содержание  $\text{MgO}$  (2.11—2.15%) и очень высокое содержание  $\text{B}_2\text{O}_3$  (76.06—77.60%). Такое количественное несоответствие позволяет не считать

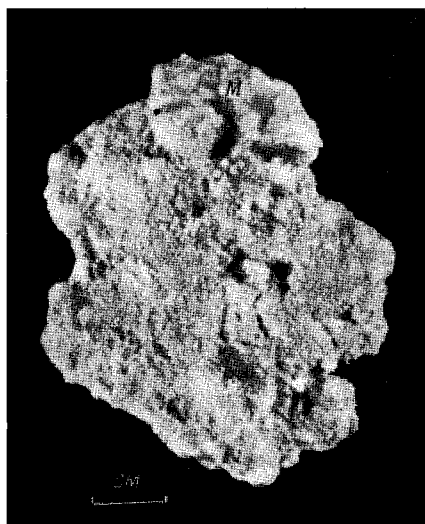


Рис. 1. Метаборит (М) на обработанной водой поверхности каменной соли.

\* Удельный вес по данным Н. П. Авровой и определенный А. И. Соколовой (ВНИИГ) совпал.

Химический состав метаборита

Таблица 1

Компоненты	Проба 1, аналитик М. М. Вильнер				Проба 2, аналитик А. И. Соколова			
	весовые %	молекулярные количества		соотношения	весовые %	молекулярные количества		соотношения
		аксаит	метаборит			аксаит	метаборит	
V <sub>2</sub> O <sub>3</sub> . . . . .	77.60	0.13	0.98	1	76.06	0.13	0.96	1
MgO . . . . .	2.15	0.05	—	—	2.11	0.05	—	—
H <sub>2</sub> O . . . . .	20.0	0.20	0.91	1	20.60	0.20	0.94	1
Прочие . . . . .	Нет	—	—	—	Не опр.	—	—	—
Сумма	99.75				98.66			

магний входящим в состав исследуемого бората. Присутствие его, очевидно, связано с наличием в пробах примесей, например аксаита, небольшое количество которого было установлено при изучении проб иммерсионным методом. Расчет химических анализов произведен с учетом отмеченных выше обстоятельств и результаты представлены в табл. 1, причем весь магний пересчитан на аксаит ( $2\text{MgO} \cdot 5\text{V}_2\text{O}_3 \cdot 8\text{H}_2\text{O}$ ).

Как показали расчеты, формула исследуемого бората имеет вид:  $\text{V}_2\text{O}_3 \cdot \text{H}_2\text{O}$  или  $\text{HVO}_2$ , т. е. по своему химическому составу он является метаборной кислотой.

Рентгенометрическое исследование метаборита, выполненное И. В. Бразулис во ВНИИГе, проводилось методом порошка. Съемка порошковой рентгенограммы велась на Ni-фильтре при напряжении 30 kV и токе 20 mA в течение 3 час. в камере диаметром 143.25 мм, при диаметре столбика 0.45 мм. Интенсивность линий оценивалась визуально по 10-балльной шкале. Индексирование дебаеграммы произведено В. В. Кондратьевой с помощью логарифмической линейки, значение параметра элементарной ячейки при этом получено равным  $a_0 = 8.89 \pm 0.01$  Å. В табл. 2

Таблица 2

Рентгенограмма метаборита

I	$\frac{d\alpha}{n}$	hkl	I	$\frac{d\alpha}{n}$	hkl
3	6.60	110	2	1.900	332
5	4.53	200	1	1.817	422
2	4.05	210	1	1.740	510, 431
3	3.71	211	1	1.624	521
1	3.57	—	3	1.526	522, 441
2	3.18	220	1	1.505	531
4	2.835	310	2	1.442	611, 532
2	2.581	222	1	1.405	620
3	2.388	321	1	1.386	621
2	2.229	400	2	1.340	622
1	2.161	410, 322	2	1.326	542
3	2.102	411, 330	1	1.312	631
1	2.049	331	1	1.210	721, 633
1	1.996	420	1	1.155	731
10	1.938	421			

приведены межплоскостные расстояния, интенсивности и индексы отражений метаборита. Рентгенометрическое изучение показало, что он не соответствует ни одному из известных природных боратов.

Минерал подвергался термическому анализу в лаборатории Каз. ИМС. Кривая нагревания показывает наличие одного эндотермического эффекта в пределах температур 250—470° с максимумом при температуре 360°.

Как искусственный продукт метаборная кислота получена при физико-химических исследованиях борнокислых систем (Горбов, 1960), изучена оптическими и кристаллографическими методами, и еще в 1938 г. результаты изучения опубликованы (Krasek и др., 1938).

Этими авторами метаборная кислота была получена при медленном процессе дегидратации ортоборной кислоты. Они установили, что метаборная кислота существует в трех модификациях: ромбической, моноклинной и кубической.

Ромбическая метаборная кислота  $\gamma$ -HBO<sub>2</sub> получается при температуре около 130°, кристаллы двуосные, отрицательные,  $2V=23^\circ$ ,  $N_g=1.521$ ,  $N_m=1.514$ ,  $N_p$  менее 1.376. Удельный вес равен 1.78.

Моноклинная модификация метаборной кислоты ( $\beta$ -HBO<sub>2</sub>) кристаллизуется при температуре от 130 до 150° на основе ромбической метаборной кислоты. Кристаллы оптически двуосные, отрицательные,  $2V=35^\circ$ ,  $N_g=1.588$ ,  $N_m=1.570$ ,  $N_p=1.434$ . Удельный вес равен 2.044.

Кубическая модификация метаборной кислоты ( $\alpha$ -HBO<sub>2</sub>) является наиболее устойчивой, получается на основе моноклинной метаборной кислоты при температуре 150°. Кристаллизуется в форме ромбодоэкаэдров, изотропная,  $N=1.619$ . Удельный вес равен 2.486. Медленно растворяется в воде.

Рентгенограммы кубической формы метаборной кислоты в литературе не приводятся, однако авторы (Krasek и др., 1938) указывают, что, по устному сообщению В. Захариассена, параметр элементарной ячейки кубической HBO<sub>2</sub>  $a_0=8.879$  (с погрешностью в последнем десятичном знаке).

Из приведенных материалов видно, что оптические свойства, удельный вес и значение параметра элементарной ячейки изученного нами бората полностью соответствуют третьей, кубической форме метаборной кислоты  $\alpha$ -HBO<sub>2</sub>.

Метаборит встречен в каменной соли слоистой текстуры с признаками зонально-кристаллического строения галита, но затронутой процессами перекристаллизации и вторичных изменений.

В этой породе присутствует многообразная ассоциация боратов: борацит, аксаит, джинорит, хильгардит, стронциборит, галургит. Каменная соль на 80—85% сложена галитом, имеется небольшая примесь ангидрида и эпсомита (кизерита), характерно высокое содержание брома (0.157—0.203%), присутствует MgCl<sub>2</sub> (1—2%).

Широкого распространения метаборит не имеет, нахождение его приурочено к тонким слоям в каменной соли, сложеным ангидритом, тонкодисперсными соляными минералами и боратами. Он находится в виде зерен неправильной формы или крупноблочных агрегатов. Очертания краев зерен очень извилистые и изъеденные (рис. 2). Генетически метаборит наиболее тесно связан с борацитом, аксаитом и джиноритом. В шлифах наблюдаются очень сложные парагенетические их взаимоотношения. Борацит развивается по трещинкам в метаборите в виде округлых агрегатов тонкозернистого сложения, замещающая его; такие же агрегаты борацита образуются в извилинах по краям зерен метаборита, причем видно, как борацит разъедает его, внедряясь в массу метаборита. Примеры замещения метаборита борацитом показаны на рис. 3.

Очень отчетливо выступает метаборит как остаточный минерал в парагенезисе с джиноритом. Здесь зерна его также имеют извилистые очертания и видно, как в них агрессивно внедряется джинорит (рис. 4).

Как показали наблюдения, самым поздним во всей этой ассоциации является аксаит, выполняющий промежутки между скоплениями бора-

цита и других минералов с образованием сложной петельчатой структуры (рис. 5). Аксаит образует также крупные монокристаллы, часто с хорошо

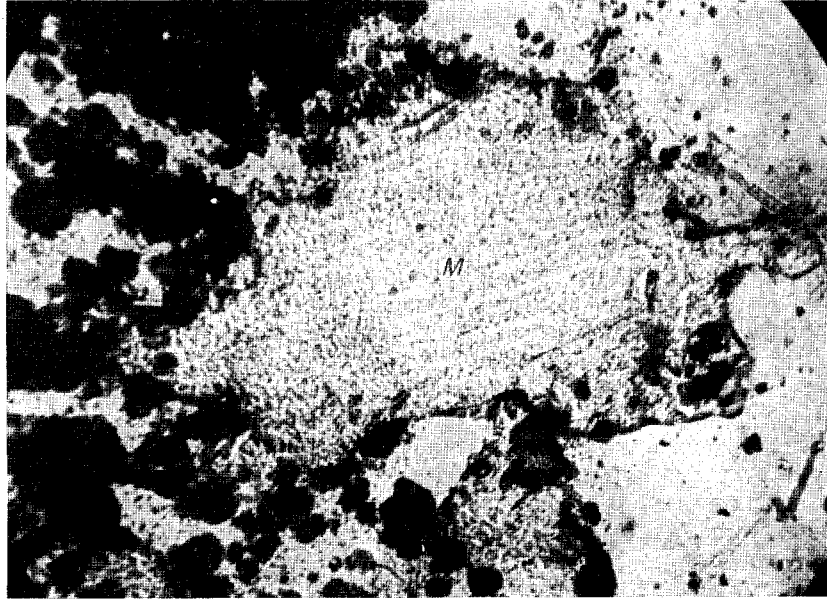


Рис. 2. Зерно метаборита (*M*) с извилистыми и изъеденными контурами.  
Черное — борацит; белое — галит.

развитыми гранями, в массу которых захвачены зерна других боратов, главным образом, борацита. Остальные упомянутые выше бораты (хиль-

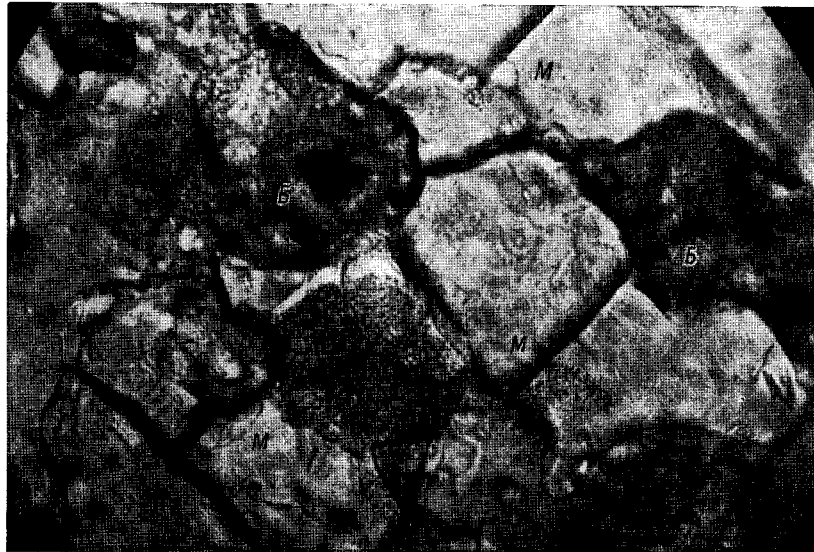


Рис. 3. Тонкозернистые агрегаты борацита (*B*), замещающие метаборит (*M*). (Без анализатора; увел. 100).

гардит, галургит, стронциоборит) в непосредственной связи с метаборитом в шлифах не наблюдались, они обнаружены при иммерсионном изу-

чении вещественного состава породы в очень небольших количествах — как единичные зерна.

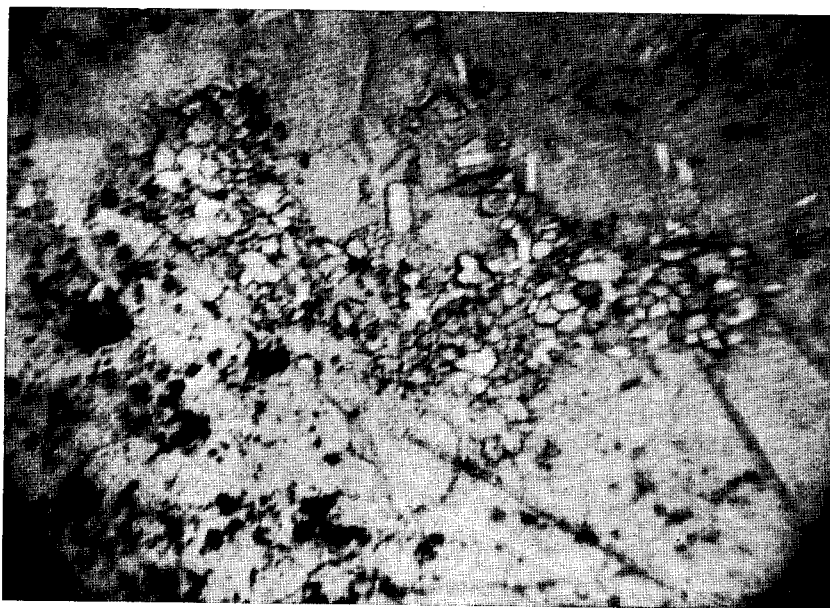


Рис. 4. Зернистая масса дживорита, образующаяся путем замещения метаборита. (Без анализатора; увел. 30).

Таким образом, метаборит, по нашим наблюдениям, во всей этой сложной ассоциации боратов и соляных минералов является наиболее ранним

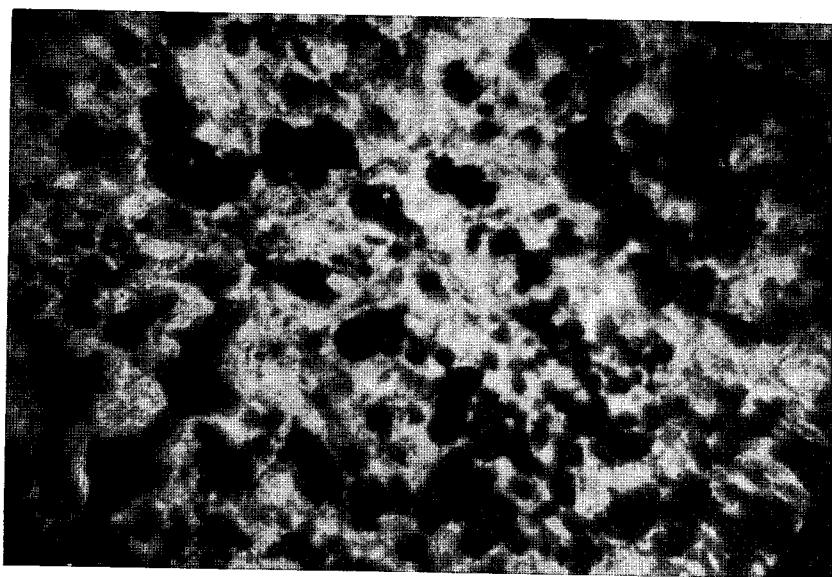


Рис. 5. Аксаит (белое), выполняющий промежутки между скоплениями почти изотропного борацита (черное). Аксаит имеет в таких участках единую оптическую ориентировку. (Николи скрещены; увел. 15).

и вещество его интенсивно расходовалось на образование других боратов, находящихся с ним в тесном парагенезисе. В каменной соли мы встретили

его как реликтовый минерал, сохранившийся в результате особо благоприятных обстоятельств.

Для решения вопроса о путях образования метаборной кислоты в природных условиях и при обычных температурах материалов еще очень мало. Следует лишь отметить, что выделение и сохранение ее скоплений в соляной породе сложного состава могло происходить в исключительно благоприятной геохимической обстановке, в которой немаловажную роль сыграло наличие высококонцентрированных рассолов и обезвоживающих компонентов, таких, как  $MgCl_2$ .

Метаборит, выделенный в мономинеральную пробу, хорошо сохраняется на открытом воздухе. Единичные зерна метаборита нами были встречены еще в 1959 г. (состав их тогда не определялся из-за ничтожно малого количества материала) и в течение трех лет они оставались неизменными. В образцах же, лежащих на воздухе и содержащих хотя бы небольшое количество  $MgCl_2$ , метаборит оказывается неустойчивым. Он разлагается с образованием буры и других тетраборатов натрия, получающихся в результате взаимодействия галита с метаборитом.

Авторы выражают искреннюю благодарность В. Б. Татарскому за ряд ценных указаний, А. И. Соколовой и М. М. Вильнеру за выполнение химических анализов и И. В. Бразулис за рентгенометрическое изучение нового бората. Метаборит передан в минералогический музей Ленинградского горного института.

#### Литература

- Горбов А. Ф. (1960). Основы генетической классификации боратов. Тр. ВНИИГ, вып. 40, стр. 392—443.  
Красек F. C., G. W. Morey and H. E. Merwin. (1938). The System Water—Boron Oxide, Amer. Journ. Sci., ser. 5, v. 35-A, стр. 143—171.

Всесоюзный научно-исследовательский  
институт галургии, Ленинград,  
Казахский институт минерального сырья,  
Алма-Ата