

В. В. АРХАНГЕЛЬСКАЯ

НЕЙБОРИТ ИЗ ВОСТОЧНОЙ СИБИРИ

(Представлено академиком Д. С. Коржинским 4 IV 1972)

Нейборит —  $\text{NaMgF}_3$ , весьма редкий минерал из группы фторидов, — был обнаружен впервые в 1961 г. в Северной Америке, в штате Юта (¹), а несколько позже — в СССР, на Урале (²), хотя синтетический нейборит был получен ранее (³).

В Америке он был встречен в доломитовых битуминозных сланцах формации Гран Ривер в ассоциации с кальцитом, пиритом, виорцитом, бербанкитом, нахколитом, гаррельситом, и его состав определен только спектрально полуколичественно. На Урале был обнаружен среди эгирина-полевошпатовых метасоматитов, развившихся по туфам порфиритов и карбонатно-глинистым протерозойским отложениям, в рассекающих метасоматиты поздних гидротермальных жилках и в сопутствующей последним наложенной минерализации в самих метасоматитах. С нейборитом ассоциированы бербанкит, ильменит, кальцит, светлая слюда, флюорит, альбит, содалит, анальцим, канкринит. Впервые был сделан полный химический анализ минерала.

Нами сделана третья находка природного нейборита. Минерал обнаружен в Восточной Сибири среди эгирина-амфиболовых и биотитовых полевошпатовых метасоматитов, развившихся по докембрийским гнейсам и кристаллическим сланцам. Нейборит присутствует в акцессорных количествах в составе поздних гидротермальных прожилков, располагающихся в экзоконтакте биотитовых метасоматитов с эгириновыми. Таким образом,

Таблица 1

Физические свойства нейборита

Показатель	Нейборит Восточной Сибири	Нейборит Восточной Урала	Нейборит Америки
Цвет	Светло-серый полупрозрачный и прозрачный	Светло-желтый, бурый, темно-бурый	Бесцветный, кремовый, буроватый
Форма выделения	Округлые и неправильные зерна, октаэдрические кристаллы	Неправильная и округлая	Округлые зерна, октаэдрические кристаллы
Блеск	Стеклянный до полужирного	Стеклянный	Стеклянный
Излом	Неровный	Неровный	Неровный
Спайность	Совершенная по кубу	Совершенная по кубу	Не наблюдалась
Удельный вес	2,99—3,074	3,10	3,03
Показатели преломления	$n_g = 1,364$ — $1,366$ $n_p = 1,363$	$n_g = 1,366$ $n_p = 1,364$	$n = 1,364$ (Na)
Двупреломление	Изотропный, до 0,002—0,003	0,002	0,003
Продукты замещения	Бастинеит	Не наблюдались	Не наблюдались
Твердость	4,5	Не указана	4,5

Таблица 2

## Межплоскостные расстояния нейборита

hkl	Вост. Сибирь		Урал		США		Синтетический нейборит	
	d, Å	I	d, Å	I	d, Å	I	d, Å	I
020	3,87	1	3,89	4	3,83	4	3,85	5
	3,77	5	—	—	—	—	—	—
111	3,77	3	3,50	1	3,44	1	3,44	1
121	2,715	2	2,73	7	2,71	5	2,71	5
200	2,68	6	—	—	2,68	1	2,68	1
102	2,43	2	2,47	1,5	2,44	1	2,44	1
201	2,40	3	2,35	6	2,41	1	2,41	1
112	—	—	—	—	2,33	1	2,33	1
130	2,29	4	—	—	2,30	3	2,31	3
211	—	—	—	—	—	—	2,297	3
022	—	—	2,25	5	2,23	2	2,232	3
220	2,21	3	—	—	2,20	1	2,198	2
131	2,13	2	2,15	1	2,13	1	2,13	1
122	—	—	2,07	2,5	2,06	1	2,06	1
221	2,04	2	—	—	2,04	1	2,04	1
040	1,903	10	1,926	10	1,918	10	1,918	10
032	—	—	1,878	1	—	—	1,872	1
212	1,846	2	—	—	1,862	1	1,862	1
132	—	—	—	—	1,765	1	1,765	1
231	1,755	1	1,751	1	—	—	1,755	1
103	1,723	2	1,721	1	1,732	1	1,733	1
222	—	—	—	—	—	—	1,716	1
141	—	—	—	—	1,713	1	1,713	1
113	1,685	2	1,698	1	1,689	1	1,692	1
311	1,648	1	—	—	1,661	1	1,664	2
123	—	—	—	—	—	—	1,583	1
042	1,573	5	1,587	6	1,575	1	1,575	1
240	—	—	1,560	6	—	—	1,561	1
321	1,553	6	—	—	1,556	3	1,553	3
232	—	—	—	—	1,530	1	—	—
302	—	—	—	—	1,499	1	1,497	1
150	—	—	1,479	1	1,473	1	1,475	1
133	—	—	1,448	1	1,434	1	1,435	1
151	1,428	3	—	—	—	—	—	—
331	—	—	1,416	1	1,415	1	1,415	1
223	—	—	—	—	1,404	1	1,406	1
004	1,370	2	1,361	3	1,371	1	1,373	1
242	1,353	6	—	—	1,356	1	1,355	2
	—	—	—	—	1,340	1	1,340	1
	1,331	1	—	—	1,327	1	1,329	1
	1,301	4	1,301	2	1,300	1	1,298	1
	1,264	2	1,270	1	1,268	1	—	—
	—	—	—	—	1,256	1	—	—
	—	—	4,240	1	1,234	1	1,233	1
	1,211	5	1,219	1,5	1,220	1	1,222	1
	1,482	2	—	—	1,213	1	1,242	1
	1,467	3	1,467	1	—	—	—	—
	1,451	2	1,150	1	—	—	—	—
	1,447	4	1,421	1	—	—	—	—
	1,104	4	1,04	1	—	—	—	—
	1,0935	2	—	—	—	—	—	—
	1,0745	3	1,075	1	—	—	—	—
	1,067	3	—	—	—	—	—	—
	1,058	1	1,052	1	—	—	—	—
	1,050	3	—	—	—	—	—	—
	1,031	6	—	—	—	—	—	—
	1,028	2	1,021	1	—	—	—	—
	1,015	6	—	—	—	—	—	—
	0,9925	6	0,993	1	—	—	—	—
	—	—	0,976	1	—	—	—	—

Таблица 2 (продолжение)

hkl	Вост. Сибирь		Урал		СИА		Синтетический пейборит	
	d, kX	I	d, kX	I	d, kX	I	d, kX	I
—	—	—	0,960	1	—	—	—	—
—	—	—	0,938	1	—	—	—	—
—	—	—	0,930	1	—	—	—	—
—	—	—	0,893	1,5	—	—	—	—
—	—	—	0,870	1	—	—	—	—
—	—	—	0,858	1	—	—	—	—
—	—	—	0,838	1	—	—	—	—
—	—	—	0,813	1	—	—	—	—

Примечание. Cu — Ni-излучение; для образцов из Восточной Сибири и с Урала  $D = 57,3$  мм, для американского образца  $D = 114,59$  мм.

геологическая обстановка его местонахождения сходна с условиями обнаружения нейборита на Урале.

Гидротермальные прожилки с нейборитом имеют мощность от 3 до 25 см и существенно кварцево-полевошпатовый состав. Кроме нейборита среди акцессорных минералов жилок отмечаются флюорит, симплектитово замещающий его гагаринит, ильменит, монацит, веберит. Нейборит образует выделения неправильной, округлой, реже октаэдрической формы,

Таблица 3  
Химический состав пейборита (%)

Окислы	Вост. Сибирь	Урал	Теоретич. состав	Окислы	Вост. Сибирь	Урал	Теоретич. состав
SiO <sub>2</sub>	0,50	—	—	±H <sub>2</sub> O	—	0,25	—
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	0,55	—	—	F	60,80	54,76	54,64
Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	0,25	0,47	—	Σ	126,20	123,49	100,00
MgO	34,80	39,36	23,31	O <sub>2</sub> =—F <sub>2</sub>	25,54	23,00	—
CaO	—	1,10	—	Σ	200,66	100,49	100,00
Na <sub>2</sub> O	29,30	27,02	22,05				
K <sub>2</sub> O	—	0,77	—				

Формула пейборита из Восточной Сибири:  $Na_{0,88}Mg_{0,84}Al_{0,05}Fe^{3+}_{0,001}F_{3,06}$ ;

формула пейборита Урала:  $Na_{0,93}Mg_{1,0}F_{2,97}$ ;  
теоретический состав:  $NaMgF_3$ .

от 0,5 до 2–3 мм<sup>3</sup> размером, светло-серого цвета, прозрачные и полупрозрачные с совершенной спайностью по кубу (табл. 1). Излом минерала неровный, блеск на поверхностях зерен матовый, на изломе полужирный, на плоскостях спайности стеклянный; твердость 4,5, удельный вес 2,99–3,07. С поверхности и по трещинкам спайности зерна минерала нередко покрыты желтовато-буровой непрозрачной корочкой бастнезита.

Снятая впервые Л. И. Рыбаковой кривая нагревания минерала имеет один незначительный эндотермический минимум в интервале 750–760° и узкий глубокий эндотермический пик в интервале 1000–1300°, отвечающий точке его плавления.

В шлифах минерал в большинстве случаев изотропен, лишь иногда слабо анизотропен. Показатели его преломления, определенные в водно-спиртовых смесях, низкие (табл. 1).

Рентгенограмма порошка пейборита из Восточной Сибири сходна с рентгенограммами уральского, американского и синтетического пейборитов, но от рентгенограммы уральского отличается большим числом линий и в отдельных случаях большей их интенсивностью (табл. 2).

По микрохимическому анализу восточносибирский пейборит (табл. 3) отличается от пейборита Урала и от синтетического пейборита избытком

фтора, некоторым избытком натрия и соответственно недостатком магния, что, может быть, объясняется химизмом среды образования минерала: метасоматиты, продуктом которых он является, в целом характеризуются сравнительно большим (2–4%) содержанием фтора, малыми (сотые, первые десятые процента), вплоть до полного отсутствия, количествами кальция и магния и относительно большой щелочностью (коэффициент агнитности пород 1, 2 и выше) натриевой специализации <sup>(1)</sup>. В соответствии с таким составом формула минерала, рассчитанная на число анионов, равное трем, характеризуется недостатком катионов относительно анионов.

В этой связи необходимо отметить, что и все другие фториды содержащих нейборит метасоматитов (редкоземельный флюорит, гагаринит, криолит, флюоцерит и др.), как установлено нами ранее <sup>(2)</sup>, характеризуются теми же особенностями химизма и структуры: избытком анионов относительно катионов, что выражается в избытке фтора в составе минерала, и нередко — вхождением в анионную часть формулы кислорода, что свидетельствует о дефектности их структуры.

В отношении особенностей образования восточносибирского нейборита надо отметить следующее.

Содержащие нейборит метасоматиты характеризуются сравнительно значительными содержаниями акцессорных фторидов, среди которых наиболее распространеными являются редкоземельный флюорит, гагаринит, флюоцерит, криолит, ральстонит, пахнолит, т. с. редкоземельно-кальциевые и алюмо-натриевые фториды. Каждому типу метасоматических пород свойствен свой комплекс фторидов. Для биотитовых метасоматитов, представляющих собой внешнюю зону колонны метасоматических образований и поэтому еще сохранивших некоторое количество кальция замещаемых пород субстрата, характерен кальциевый фторид-редкоземельный флюорит. Для неполно замещенных гнейсов и кристаллических сланцев внешнего ореола экзоконтакта метасоматитов типичен обыкновенный флюорит. Для амфиболовых и эгириин-амфиболовых метасоматитов промежуточной и тыловой зон колонны метасоматических образований свойственны уже алюмо-натриевые фториды — криолит, пахнолит и др.

Нейборит и вообще натрий-магниевые и натрий-кальциевые фториды (веберит, гагаринит и др.) имеют в метасоматитах локальное распространение и появляются в их составе только в тех случаях, когда производящий метасоматоз раствор с течением времени меняет пути следования и обогащенные натрием поздние его порции, минуя промежуточную зону развития процесса — зону амфиболовых метасоматитов, — попадают в породы периферической зоны, еще сохранившие в том или ином количестве кальций и магний.

Всесоюзный научно-исследовательский  
институт минерального сырья  
Москва

Поступило  
23 III 1972

#### ЦИТИРОВАННАЯ ЛИТЕРАТУРА

<sup>1</sup> В. В. Архангельская, Геол. рудн. месторожд., **10**, № 5 (1968). <sup>2</sup> В. В. Архангельская, В. С. Кудрин, М. А. Кудрина, Сборн. Типоморфизм минералов и его практическое значение, «Наука», 1972. <sup>3</sup> А. Ф. Ефимов, Е. М. Еськова, З. Т. Катаева, ДАН, **174**, № 5 (1967). <sup>4</sup> Е. С. Т. Chao, H. T. Evans jr., et al., Am. Mineral., **46**, № 3—4, 379 (1961). <sup>5</sup> W. L. W. Ludekens, A. J. E. Welch, Acta crystallogr., **5**, 841 (1952).