УДК 549.6 © ЗВМО, № 6, 1992 г.

Д. чл. *А.П. ХОМЯКОВ*, д. чл. *Л.И. ПОЛЕЖАЕВА*, *Н.А. ЯМНОВА*, д. чл. *Д.Ю. ПУЩАРОВСКИЙ*

МИНЕЕВИТ-(Y) $Na_{25}Ba(Y,Gd,Dy)_2(CO_3)_{11}(HCO_3)_4(SO_4)_2F_2Cl$ — новый минерал[1]

A.P. KHOMJAKOV, L.I. POLEZHAEVA, N.A. YAMNOVA, D.YU. PUSHCHAROVSKY. MINEEVITE(Y) — $Na_{25}Ba(Y,Gd,Dy)_2(CO_3)_{11}(HCO_3)_4(SO_4)_2F_2Cl$ — A NEW MINERAL[1]

Новый, не имеющий аналогов натрий-барий-редкоземельный фтор-хлор-сульфатокарбонат обнаружен А.П. Хомяковым в пегматоидах горы Аллуайв Ловозерского щелочного массива (Кольский п-ов). Минерал назван минеевитом-(Y) — mineevite-(Y) — в честь проф. Д.А. Минеева (р. 1935—1992) — известного советского минералога и геохимика.

Пегматоидные породы рассматриваемого участка массива залегают в пойкилитовых нефелино-содалитовых сиенитах и представлены четковидными жилами мощностью до 0.3 м. Жилы слагаются грубозернистым (1—5 см) агрегатом калиевого полевого шпата, канкринита, эгирина и целой группы солевых минералов — виллиомита, криолита, когаркоита, троны, шортита, сидоренкита и манганотихита. Менее широко распространенные минералы этой группы представлены нахколитом, вегшайдеритом, термонатритом, пирссонитом, бербанкитом, родохрозитом и нейборитом. Из прочих минералов в составе жил установлены нефелин, содалит, анальцим, альбит, натролит, лоренценит, лампрофиллит, эвдиалит, катаплеит, циркон, серандит, лейкосфенит, лейфит, полилитионит (?), апатит, флюорит, клейофан, галенит, пирит и ильменит. Жильные образования данного участка относятся к пегматитам и гидротермалитам ультраагпаитового типа (Хомяков, 1990).[2]

Новый минерал обнаружен в осевой зоне одной из пегматитовых жил, где он приурочен к интерстициям кристаллов калиевого полевого шпата. Вместе с минеевитом-(Y) присутствуют нахколит, трона, термонатрит, сидоренкит, манганотихит, нейборит, эгирин, альбит, клейофан и минерал типа роувиллеита состава $Na_3Ca(Mn,Ca)(CO_3)_3F$. Минеевит-(Y) встречен в виде двух зерен неправильной формы размером около 0.5 и 1.0 см в поперечнике. Цвет бледно-зеленый, желтовато-зеленый, в тонких сколах минерал почти бесцветный. В ультрафиолетовых лучах слабо люминесцирует желтовато-зеленым цветом. Прозрачный. Блеск стеклянный в изломе, перламутровый на плоскости спайности. Спайность совершенная по (0001). Излом ступенчатый. Хрупкий. Твердость 4 по шкале Мооса. Плотность, измеренная микрометодом — 2.85(2) г/см^3, вычисленная для идеализированной формулы — 2.84 г/см^3. В воде устойчив; разлагается со вскипанием в слабых растворах различных кислот, включая лимонную.

Минерал оптически одноосный, отрицательный. Показатели преломления измерены иммерсионным методом в белом свете: Ne=1.510(2), No=1.536(2).

ИК-спектр минерала содержит большое число полос поглощения (в см$^{-1}$; подчеркнуты наиболее сильные): 3400—3500, 1790, 1740, 1600, 1540, 1520, 1438, 1383, 1154, 1128, 1077, 1060, 920, 897, 882, 870, 830, 766, 728, 708, 690, 650, 635, 460; основная их часть обусловлена колебаниями связей в группах CO_3, HCO_3 и SO_4.

[1] Рассмотрено и рекомендовано к опубликованию Комиссией по новым минералам и названиям минералов Всесоюзного минералогического общества 11 сентября 1991 г. Утверждено Комиссией по новым минералам и названиям минералов Международной минералогической ассоциации 27 февраля 1992 г.

[2] В цитируемой работе минеевит-(Y) условно обозначен как минерал *M*6.

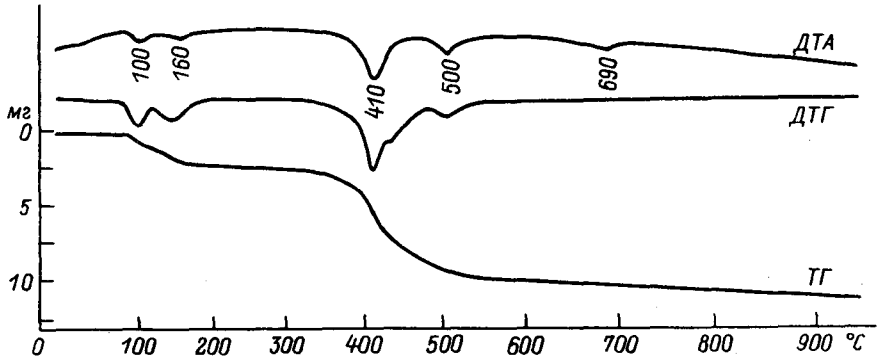

Рис. 1. Дериватограмма минеевита-(Y), навеска 80 мг, потеря массы 11.5 мг = 14.4%.

Fig. 1. Derivation diagram of mineevite(Y).

На термограмме (рис. 1) проявлены хорошо выраженные эндотермические эффекты при 100, 160, 410, 500 и 690°С. Все они, кроме последнего, обусловленного плавлением, сопровождаются минимумами на кривой ДТГ, а также уступами на термогравиметрической кривой, фиксирующими 5 ступеней диссоциации (°С): 20—120 (потеря массы 1.2%), 120—220 (1.3%), 220—480 (8.1%), 480—620 (1.9%), 620—1000 (1.9%). Исследование зерен, прогретых при 300, 400 и 600°С, показало, что нагревание до 300° не отражается на дебаеграмме и ИК-спектре минерала. Этот факт позволяет связать потерю массы при 100 и 160°С с диссоциацией нахколита, троны и других гидрокарбонатов натрия, образующих неотделимую механическую примесь в минеевите-(Y). Зерна, прогретые при 400 и 600°С, резко отличаются от исходных и прогретых при 300°С: главные линии на их дебаеграммах отвечают кубической фазе Y_2O_3, а в ИК-спектрах на месте двух сильных полос поглощения ионов HCO_3^- (1540—1520 см$^{-1}$) и CO_3^{2-} (1383 см$^{-1}$) сохраняется только одна последняя. Эти данные позволяют интерпретировать эндотермические эффекты 410 и 500°С как связанные с декарбонатизацией и дегидроксилацией изученного минерала (разрушением групп HCO_3^-).

Рентгенографическое и рентгеноструктурное исследование минерала выполнено Н.А. Ямновой и Д.Ю. Пущаровским. По данным монокристальных методов (Лауэ, качание—вращение, автодифрактометр $P\bar{1}$ «Синтекс»), сингония минерала гексагональная, пространственная группа $P6_3/m$, a=8.811(7), c=37.03(3)Å, V=2490(4)Å^3, z=2. Рентгенограмма порошка (табл. 1) хорошо индицируется на основе найденных параметров элементарной ячейки. Структура расшифрована до R-фактора 4.1% (автодифрактометр $P\bar{1}$ «Синтекс», W-метод, 554 рефлекса) и в полном виде рассмотрена в отдельно публикуемой работе. Она представляет собой смешанную каркасную постройку с упорядоченным распределением всех катионов и анионов, входящих в формулу $Na_{25}BaTR_2(CO_3)_{11}(HCO_3)_4(SO_4)_2F_2Cl$. В структуре (рис. 2) могут быть выделены плотные NaBa-фторкарбонатные слои (*а*) и сдвоенные NaTR-хлоркарбонатные слои-блоки (*б*), чередующиеся вдоль оси *c* с рыхлыми натрий-сульфатными слоями (*в*). Атомы Ba располагаются в икосаэдрах, TR — в девятивершинниках, Na — в пяти-, шести- и семивершинниках. Изолированные тетраэдры SO_4, как и одновалентные F и Cl (связки троек Na-полиэдров), расположены на тройных осях. Различаются три типа атомов углерода, из которых один имеет чисто кислородное окружение, а два других координированы O и OH-группами.

Данные о химическом составе минерала (табл. 2) получены на микроанализаторе MS-46 Cameca (аналитик Л.И. Полежаева). Содержания CO_2 и F установлены част-

Таблица 1

Результаты расчета рентгенограммы порошка минеевита-(Y)

Calculated results of X-ray powder diagram for mineevite (Y)

I	*d*	*hkl*	*I*	*d*	*hkl*	*I*	*d*	*hkl*
12	9.3	004	100	2.829	1.1.10	27	1.888	0.2.17
39	7.61	010	5	2.794	029	15	1.846	0.0.20
10	7.02	012	12	2.747	124	24	1.832	1.3.10
17	6.15	006	51ш	2.659	0.1.13			0.3.14
37	5.87	014			0.2.10	17	1.795	0.1.20
42	4.79	016	27	2.605	126	12ш	1.744	1.3.12
39	4.39	110	71ш	2.531	030			2.2.13
5	4.35	017			031	15	1.738	1.2.17
8ш	3.95	114	20	2.494	0.1.14	32	1.702	1.1.20
		018	39	2.444	128	24	1.691	2.2.14
32ш	3.80	020	15	2.347	036	10	1.679	0.0.22
		021	90	2.270	1.2.10	46	1.660	237
12	3.64	023	17	2.210	0.1.16	6	1.603	0.2.21
		019	12	2.194	221	6	1.596	2.2.16
8	3.58	116	24	2.186	1.2.11	6	1.591	0.4.13
17	3.52	024	20	2.110	225	6ш	1.578	2.3.10
22	3.38	117	34	2.092	0.3.10	14	1.554	1.2.20
40	3.32	0.1.10	5	2.070	226	17	1.514	1.4.10
15	3.24	026	15	2.043	1.1.16	6	1.501	1.2.21
22	3.08	027	6ш	2.022	1.2.13	5	1.493	0.3.20
		0.0.12	8	1.998	136	5ш	1.466	330
		0.1.11	3	1.961	137			331
5	3.00	119	8	1.948	1.1.17	5ш	1.413	2.2.20
37	2.877	120			1.2.14	5ш	1.390	1.3.20
		121	6	1.920	138			247

Примечание. Условия съемки: дифрактометр ДРОН-2, Cu$K\alpha$-излучение. Внутренний стандарт — Ge. Индексы отражений прокорректированы по результатам монокристальной съемки минерала на автодифрактометре $P\bar{1}$ Syntex.

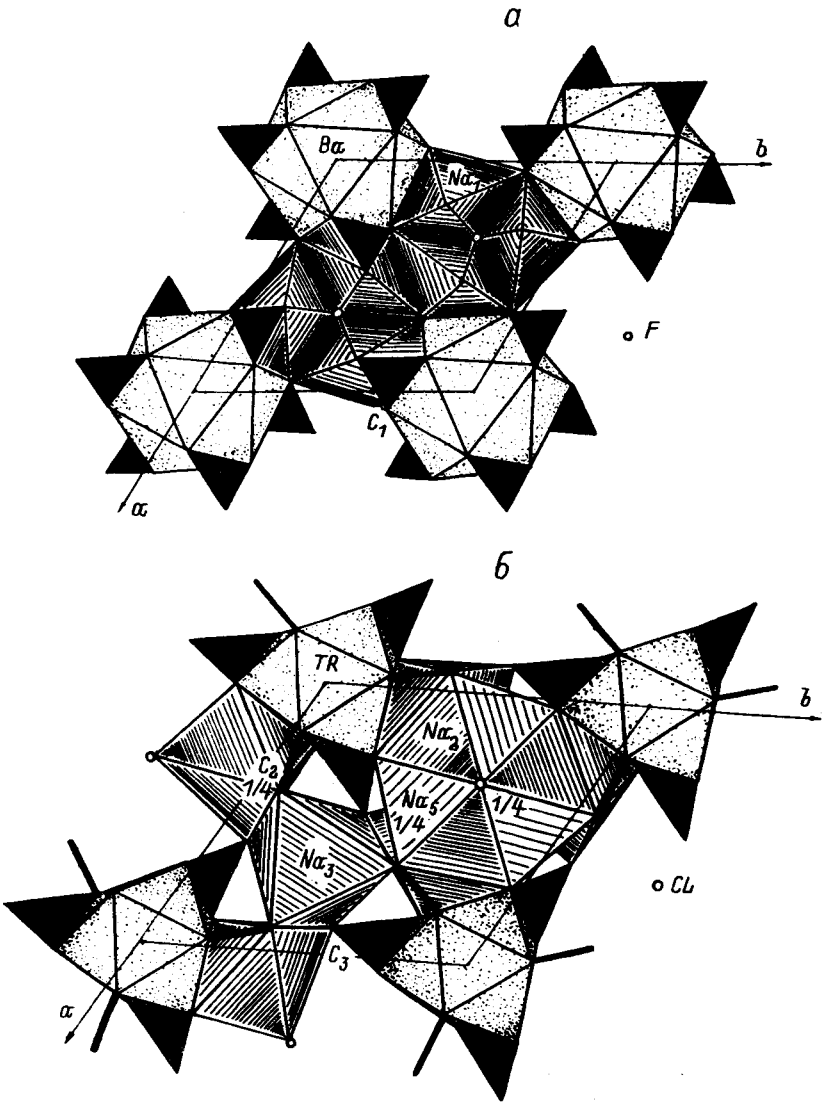

Рис. 2. Три типа «слоев»-блоков (*а—в*) в структуре минеевита-(Y) и характер их чередования вдоль оси *c* (*г*).

Fig. 2. Three types of the «layers»-blocks (*a, б, в*) within structure of mineevite(Y) and a character of their alternation along the c-axis (г).

ным химическим анализом (аналитик А.В. Мартынова), H_2O — по разности.[3] Микрозондовым методом изучен состав трех зерен минерала с использованием следующих эталонов: Na — лоренценит: Ba,S — $BaSO_4$; Y — $Y_3Al_5O_{12}$; La — LaCeS; Ce — CeS; Nd — $LiNd(MoO_4)_2$; Sm — $LiSm(MoO_4)_2$; Gd — $LiGd(MoO_4)_2$; Tb — $LiTb(MoO_4)_2$; Dy — $LiDy(WO_4)_2$; Ho — $LiHo(WO_4)_2$; Er — $LiEr(MoO_4)_2$; Yb — $LiYb(MoO_4)_2$; Cl — джерфишерит; ускоряющее напряжение 22 кВ, ток 40 нА. В связи с нестабильностью минерала под зондом съемка проводилась широким пучком при

[3] Частным химическим анализом в минерале найдено 3.16 мас.% H_2O, однако в эту величину входит вода не только основной фазы, но и связанная с нахколитом и другими гидрокарбонатами, образующими микросрастания с минеевитом-(Y).

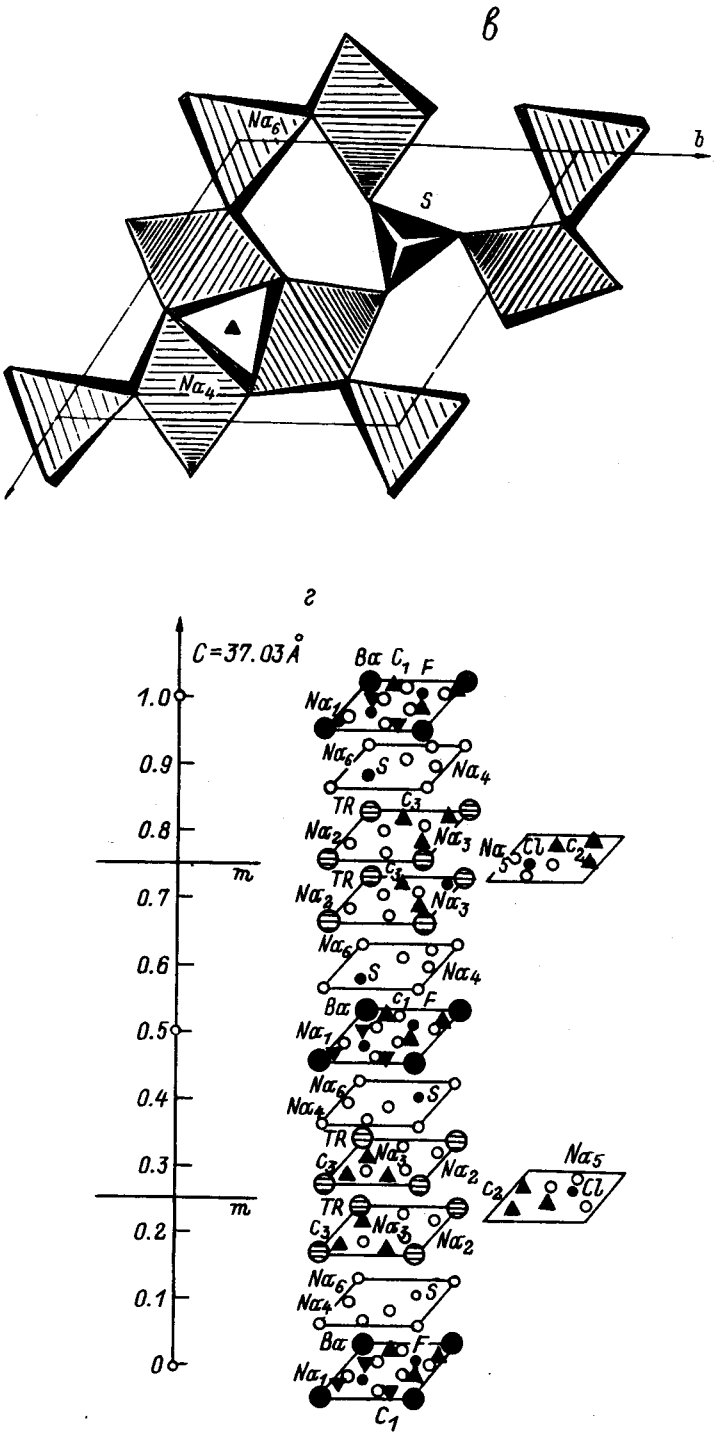

Рис. 2 (*продолжение*).

Таблица 2

Химический состав (мас.%) минеевита-(Y)

Chemical composition (%wt) of mineevite (Y)

Компонент	Зерно 1	Зерно 2	Зерно 3	Среднее	O+F+Cl=56
Na_2O	36.0	37.2	37.4	36.87	25.30
BaO	7.1	7.5	7.4	7.33	1.02
Y_2O_3	6.2	5.9	5.6	5.90	1.11
La_2O_3	0.22	0.20	0.15	0.19	0.03
Ce_2O_3	0.72	0.52	0.50	0.58	0.07
Nd_2O_3	0.48	0.44	0.58	0.50	0.06
Sm_2O_3	0.88	1.0	0.96	0.95	0.11
Gd_2O_3	2.4	2.5	2.1	2.33	0.27
Tb_2O_3	0.32	0.39	0.34	0.35	0.04
Dy_2O_3	1.8	1.9	1.7	1.80	0.20
Ho_2O_3	0.14	0.16	0.15	0.15	0.02
Er_2O_3	0.51	0.47	0.55	0.51	0.06
Yb_2O_3	0.06	0.04	0.08	0.06	0.01
SO_3	7.9	7.4	7.6	7.63	2.03
Cl	1.6	1.7	1.8	1.70	1.02
F				1.80	2.01
CO_2				30.83	14.90
H_2O				1.66	3.92
$-O=(F,CL)_2$				1.14	
Сумма				100.00	

Примечание. K, Ca, Sr, Pr, Eu, Tm и Lu не обнаружены.

одновременном ручном сканировании. Полученные результаты пересчитываются (при сумме анионов O+F+Cl=56) на эмпирическую формулу $Na_{25.30}Ba_{1.02}TR_{1.98}C_{14.90}S_{2.03}H_{3.92}O_{52.95}F_{2.01}Cl_{1.02}$, где $TR_{1.98} = Y_{1.11}Gd_{0.27}Dy_{0.20}Sm_{0.11}Ce_{0.07}Nd_{0.06}Er_{0.06}Tb_{0.04}La_{0.03}Ho_{0.02}Yb_{0.01}$. Идеализированная формула минерала — $Na_{25}Ba(Y,Gd,Dy)_2(CO_3)_{11}(HCO_3)_4(SO_4)_2F_2Cl$ — полностью согласуется с результатами его структурной расшифровки.

Минеевит-(Y) — пневматолито-гидротермальный минерал. Преобладание в группе редких земель иттрия и тяжелых лантаноидов (при наличии «центрального» гадолиниевого максимума) сближает его с редкоземельными карбонатами (доннейитом, эвальдитом, шомиокитом и др.), кристаллизующимися на самых поздних стадиях формирования ультраагпаитовых пегматитов и гидротермалитов вместе с минералами лития, бериллия, бора и других наиболее дефицитных элементов щелочных магм.

Эталонные образцы минеевита-(Y) переданы в Минералогический музей им. А.Е. Ферсмана РАН, Москва. Регистрационный номер 575/2.

Список литературы

Хомяков А.П. Минералогия ультраагпаитовых щелочных пород. М.: Наука, 1990. 200 с.

Институт минералогии, геохимии и кристаллохимии
редких элементов (ИМГРЭ),
Москва

Геологический институт
Кольского научного центра РАН, Апатиты
Московский университет

Поступила в редакцию
8 июня 1992 г.