

НОВЫЕ МИНЕРАЛЫ

УДК 549.6

© 1993 г.

А. Г. БАЖЕНОВ, И. Л. НЕДОСЕКОВА, Э. У. ПЕТЕРСЕН

ФТОРРИХТЕРИТ $\text{Na}_2\text{Ca}(\text{Mg}, \text{Fe})_5[\text{Si}_8\text{O}_{22}](\text{F}, \text{OH})_2$ —
НОВЫЙ МИНЕРАЛЬНЫЙ ВИД В ГРУППЕ АМФИБОЛОВ¹A. G. BAZHENOV, I. L. NEDOSEKOVA, E. U. PETERSEN. FTORRICHTERITE $\text{Na}_2\text{Ca}(\text{Mg}, \text{Fe})_5[\text{Si}_8\text{O}_{22}](\text{F}, \text{OH})_2$ — A NEW MINERAL SPECIES IN THE AMPHIBOLE GROUP

Новый амфибол $\text{Na}_2\text{Ca}(\text{Mg}, \text{Fe})_5[\text{Si}_8\text{O}_{22}](\text{F}, \text{OH})_2$ обнаружен авторами на Урале в Ильменогорско-Вишневогорском щелочном комплексе.

Минерал назван фторрихтеритом по составу. В соответствии с рекомендациями КНМ ММА (Никель, Мандарино, 1989) в названии отражено сходство состава фторрихтерита с известной разновидностью амфиболов — рихтеритом, а также указана особенность химизма нового минерала — высокое содержание в нем фтора.

Ильменогорско-Вишневогорский комплекс, в котором найден новый минерал, представляет собой линейную зону протяженностью около 100 км и шириной до 40 км, сложенную щелочными метасоматитами, фенитами, нефелиновыми сиенитами и карбонатитами (Левин, 1981). Фторрихтерит установлен нами в фенитах (Ильменские горы — Баженов, Иванов, 1976), в карбонатитах (Булдымский массив, Вишневые горы — Недосекова, 1988) и позднее в апогипербазитовых щелочных метасоматитах (Ильменский заповедник, копь 97).

Фторрихтерит является породообразующим минералом в этих образованиях. В фенитах он встречается в виде мелких зерен размерами 0.1—2 мм и ассоциирует с микроклинном, альбитом и флогопитом. В карбонатитах и апогипербазитовых щелочных метасоматитах фторрихтерит образует хорошо ограненные кристаллы и зерна размерами до 10 см и ассоциирует с кальцитом, доломитом, флогопитом, магнетитом, пироксеном, цирконом, апатитом, пирротинном, пиритом и ильменитом.

Кристаллы фторрихтерита призматической формы, вытянуты по оси c [001]. Хорошо развиты грани a (100) и b (010), реже встречаются m (110).

Физические свойства. Фторрихтериты имеют светло-зеленый и синезеленый цвет. В сколках минерал прозрачен, блеск стеклянный, черта белая. Твердость 5—6. Хрупок. Спайность совершенная по (110), излом занозистый.

Оптические свойства. Минерал двуосный, оптически отрицательный. Плоскость оптических осей — (010). Удлинение положительное. Угол оптических осей — $2V = 71$ — 72° . $N_g = 1.627$ — 1.629 (1), $N_m = 1.621$ (1), $N_p = 1.612$ — 1.618 (1). $cNg = 18$ — 26° . Часто наблюдается дисперсия оптических осей ($v > r$) и аномальные цвета интерференции — индигово-синий и бурый. Сильный плеохроизм: по Ng —

¹ Рассмотрено и рекомендовано Комиссией по новым минералам и названиям минералов Всесоюзного минералогического общества 6 мая 1991 г. Утверждено Комиссией по новым минералам и названиям минералов Международной минералогической ассоциации 29 августа 1992 г.

голубовато-зеленая окраска, по Nm — буровато-зеленая (иногда сиреневая), по Np — светло-бурая до бесцветной. Схема плеохроизма $Ng > Nm > Np$ (табл. 1).

Дебаеграмма фторрихтерита близка к таковой собственно рихтерита (ASTM, № 1045) и синтетического фторрихтерита (Kohn, Comafogo, 1955 — табл. 2). Этот факт позволил проиндцировать рентгенограмму и рассчитать параметры элементарной ячейки нового минерала. Для расчета использовались рефлексы 040, 131, 330, 151, 061, 202, 261. Параметры элементарной ячейки фторрихтеритов (Å): $a_0 = 9.800-9.828$, $b_0 = 17.93-18.04$, $c_0 = 5.195-5.265$, $\beta = 103.17-104.35$ град.

ИК-спектр фторрихтерита характеризуется следующими полосами поглощения (см^{-1}): 410, 465, 515, 670, 744, 927, 972, 1077, 1142 (см. рисунок). В

Таблица 1

Химический состав (мас.%) и физические свойства фторрихтеритов
Chemical composition, formular coefficients, optical properties and elementary cell parameters of fluorrichterite

Компонент	Анализ				
	1	2	3	4	5
SiO ₂	54.84	54.6	53.98	57.90	58.88
TiO ₂	0.25	0.18	0.05	0.01	—
Al ₂ O ₃	1.5	1.44	1.19	0.15	—
Fe ₂ O ₃	3.8	5.65	3.33	—	0.17
FeO	2.51	2.30	5.35	0.17	—
MnO	0.49	0.41	0.68	0.00	—
MgO	19.84	19.85	18.31	26.10	24.24
CaO	7.08	4.64	8.23	5.50	7.00
Na ₂ O	5.25	6.75	4.20	7.30	7.20
K ₂ O	1.73	1.35	1.11	0.36	—
H ₂ O	0.63	0.78	0.99	—	—
F	2.50	2.60	3.30	4.6	4.74
—O = F ₂	—1.06	—1.09	—1.91	—1.90	—2.00
Сумма	99.37	99.52	99.28	100.2	102.2
Коэффициенты формулы					
Si	7.77	7.67	7.78	7.914	8.04
Al	0.23	0.27	0.20	0.001	—
Fe ³⁺	—	0.09	0.02	—	—
Al	0.02	—	—	—	—
Ti	0.02	0.02	—	—	—
Fe ³⁺	0.41	0.51	0.34	—	—
Fe ²⁺	0.30	0.27	0.64	—	—
Mn	0.06	0.05	0.08	—	—
Mg	4.19	4.16	3.93	5.0	4.93
Ca	1.08	0.70	1.27	0.805	1.03
Na _B	0.92	1.30	0.73	0.859	0.97
Fe	—	—	—	0.019	—
Mg	—	—	—	0.317	—
K	0.32	0.21	0.20	0.063	—
Na _A	0.51	0.54	0.44	1.075	0.93
OH	0.60	0.73	0.50	—	—
F	1.12	1.15	1.50	1.988	2.04
O	0.28	0.12	—	0.012	—
Оптические свойства					
cNg	18	26	—	—	22
$2V$	—71	—72	—	—	—72
Ng	1.627	1.627	—	—	1.63
Nm	1.624	1.621	—	—	1.614
Np	1.618	1.612	—	—	1.622
$2V_{\text{выч}}$	—70.5	—78.5	—	—	—

Таблица 1 (продолжение)

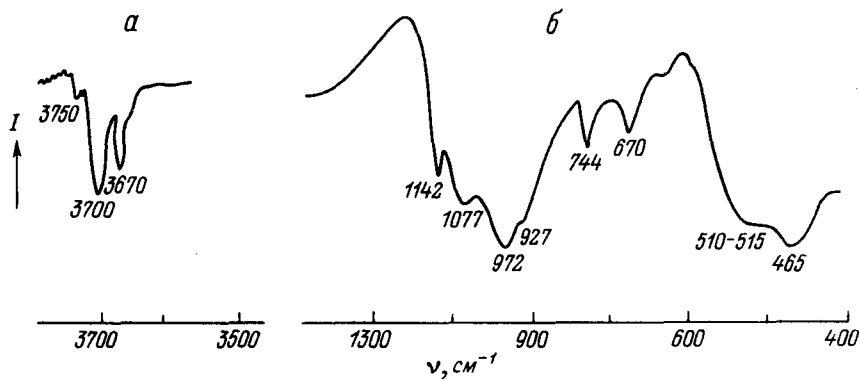
Компонент	Анализ				
	1	2	3	4	5
Параметры элементарной ячейки					
$a, \text{Å}$	9.762 (3)	9.828 (2)	9.800 (6)	9.767 (15)	9.823 (5)
$b, \text{Å}$	17.888 (6)	18.040 (4)	—	17.966 (14)	17.957 (4)
$c, \text{Å}$	5.122 (4)	5.195 (2)	—	5.253 (8)	5.268 (6)
$\beta, \text{град}$	102.25 (5)	103.17 (7)	—	103.55 (7)	104.20 (5)
$\rho_{\text{изм}}, \text{г/см}^3$	3.174 (1)	2.974 (1)	—	—	—
$\rho_{\text{выч}}, \text{г/см}^3$	3.213 (8)	3.125 (9)	—	—	3.035 (6)

Примечание. Ан. 1 — из альбито-микроклинового фенита, ан. 2 — из доломито-кальцитового карбонатита, ан. 3 — из апогипербазитового щелочного метасоматита, ан. 4 — из энстатитового жондрита (Olsen e. a., 1973), ан. 5 — синтетический (Kohn, Comefo, 1955). Формулы для ан. 1—3 рассчитаны на основе 13 катионов, ан. 4 и 5 — на основе $O = 24 - F - OH$.

области валентных колебаний гидроксильных групп минерал дает три полосы (см^{-1}): 3750, 3690—3720 и 3670. Частота этих полос выше, чем у обычных рихтеритов на 30—50 см^{-1} , что подтверждает наличие значительных количеств фтора в позиции гидроксила (Минералы, 1981).

Химический состав фторрихтерита определен методами силикатного анализа, сочетающими гравиметрические, титриметрические и фотометрические методы. Фтор анализировался фотометрическим и ионно-селективным методами. Формулы рассчитаны на основе 13 катионов. По химическому составу фторрихтерит отличается от собственно рихтерита преобладанием фтора над гидроксильной группой. Содержания фтора в изученных образцах варьируют от 2.5 до 3.3 мас.%, что соответствует 1.12—1.5 ф. ед. Общее содержание минала $\text{Na}(\text{Ca}, \text{Na})_2(\text{Mg}, \text{Fe})_5[\text{Si}_8\text{O}_{22}]\text{F}_2$ составляет 54—72 мол.%. Отношение $\text{XF} = \text{F} / (\text{F} + \text{OH} + \text{O}) = 0.56—0.75$, т. е. позиция O (3), которая в амфиболах заполняется F^- , OH^- , O^{2-} (Минералы, 1981), более чем наполовину занята фтором. Этот факт является основанием для выделения фторрихтерита в качестве самостоятельного минерального вида (Petersen e. a., 1982).

Кроме того, необходимо отметить, что известен конечный член ряда рихтерит—фторрихтерит, в котором отсутствует гидроксил, а фтор полностью занимает позицию O (3). Содержание фтора в этом амфиболе 4.6 мас.%, отношение $\text{XF} = 1$. Этот фторрихтерит неземного происхождения. Он был обнаружен



ИК-спектры фторрихтеритов (обр. 2) в области валентных колебаний гидроксильных групп (а) и в катионной области (б).

IR spectra of fluorrichterite: а) field of the hydroxide group fluctuation, б) field of cations.

в энстатитовом хондрите Аби, Канада (Douglas, Plant, 1967). Рихтериты, содержащие 2.3 и 3.3 мас. % фтора, установлены в железных метеоритах — октаэдриках Каньон Дьябло и Вихита Каунти, США (Olsen, 1967; Olsen e. a., 1973). Синтетический фторрихтерит был впервые получен в 1951 г. (Comeforo, Hatch, 1951). В дальнейшем были описаны условия синтеза фторрихтерита, его состав, структура и свойства (Kohn, Comeforo, 1955 — табл. 1, 2).

Эталонный образец фторрихтерита передан в Минералогический музей Горного института (Санкт-Петербург).

Авторы выражают благодарность В. О. Полякову и Т. В. Криновой за помощь в проведении рентгеноструктурного и химического анализов, а также Л. Я. Крыловой за измерение плотности фторрихтерита методом термоградиентного поля.

Таблица 2

Результаты расчета порошкограмм фторрихтерита (обр. 1), синтетического фторрихтерита и рихтерита

X-ray powder analysis data for fluorrichterite (1) synthetic fluorrichterite (2) and richterite (3)

Фторрихтерит (обр. 1) 1		Синтетический фторрихтерит (Kohn, Comeforo, 1955) 2			Рихтерит (ASTM, N 10-456) 3		
<i>l</i>	<i>d</i>	<i>hkl</i>	<i>l</i>	<i>d</i>	<i>hkl</i>	<i>l</i>	<i>d</i>
20	10.9						
70	9.9						
20	9.2						
10	8.7	020	3	8.979			
50	8.4	110	100	8.409	110	100	8.55
20	7.9						
10	6.7						
		130	2	5.067			
		11 $\bar{1}$	3	4.860			
		200	11	4.759	200	20	4.84
20	4.5	040	10	4.489	040	40	4.52
20	4.2	220	4	4.205			
10	4.0	111	2	3.993	111	10	3.96
10	3.77						
60	3.69	13 $\bar{1}$	4	3.859	13 $\bar{1}$	20	3.85
20	3.52						
40	3.46						
100	3.34	131	10	3.380	131	70	3.32
50	3.27	240	60	3.265	240	60	3.27
60	3.18						
90	3.13	310	100	3.124	310	70	3.15
10	3.02					10	3.03
10	2.99						
30	2.93	221	11	2.944	221	60	2.94
70	2.82	330	76	2.803	330	40	2.82
20	2.77						
20	2.73	33 $\bar{1}$	9	2.721	33 $\bar{1}$		
40	2.70	151	20	2.700	151	80	2.71
30	2.66						
20	2.58	061	7	2.582	061	40	2.58
20	2.53	20 $\bar{2}$	6	2.524	202	60	2.53
50	2.50						
30	2.38	350	11	2.378	350	50	2.34
30	2.33	35 $\bar{1}$	7	2.327			
10	2.29	42 $\bar{1}$	5	2.315			
10	2.27	17 $\bar{1}$	7	2.287	17 $\bar{1}$	50	2.28
40	2.22	132	3	2.167			
30	2.16	261	8	2.159	261	60	2.16
20	2.10						
10	2.07	202	3	2.048	202	40	2.03

Таблица 2 (продолжение)

Фторрихтерит (обр. 1) 1		Синтетический фторрихтерит (Kohn, Comeforo, 1955) 2			Рихтерит (ASTM, N 10-456) 3		
<i>l</i>	<i>d</i>	<i>hkl</i>	<i>l</i>	<i>d</i>	<i>hkl</i>	<i>l</i>	<i>d</i>
90	1.98	351	5	2.017	35 $\bar{1}$		
		370	5	1.995		10	1.949
		190	5	1.9528		20	1.914
40	1.90	510	29	1.8928			
		19 $\bar{1}$	3	1.8556		10	1.850
20	1.817	530	8	1.8139			
		0.10.0	2	1.7957		10	1.792
		51 $\bar{2}$	2	1.7389		20	1.677
30	1.650	461	16	1.6496		50	1.656
20	1.636	480	6	1.6327		10	1.636
20	1.611	1.11.0	10	1.6090		40	1.610
40	1.591	600	9	1.5862		40	1.571
		55 $\bar{2}$	3	1.5711			
20	1.534	620	2	1.5620		20	1.560
30	1.505	551	6	1.5026			
30	1.499	0.12.0	7	1.4964			
		422	1	1.4721			
10	1.451	3.11.0	5	1.4516			
60	1.439	66 $\bar{1}$	11	1.4340			
10	1.386						
20	1.369	512	6	1.3676			
30	1.359	532	1	1.3370		20	1.358
30	1.310	263	1	1.3333		20	1.324
		75 $\bar{1}$	3	1.3068			
50	1.254	2.12. $\bar{2}$	4	1.2872		50	1.289
						10	1.269
						10	1.223
						20	1.200
20	1.193					10	1.173
30	1.126						
50	1.047						

Примечание. Режим съемки: УРС-50, Сц_{Ca}, Ni-фильтр. Аналитик Р. С. Дудина.

Список литературы

- Баженов А. Г., Иванов Б. Н. Рихтерит и флогопит из фенитов ильменогорского комплекса // Проблемы минералогии Урала. Свердловск, 1976. С. 133—136.
- Левин В. Я. Щелочная провинция Ильменских-Вишневых гор. М.: Наука, 1981. 222 с.
- Минералы. Справочник. Т. 3. Вып. 3. М.: Наука, 1981. 398 с.
- Недосекова И. Л. Породообразующие минералы щелочных метасоматитов и карбонатитов Буддынского гипербазитового массива (Вишневые горы) // Материалы к минералогии рудных районов Урала. Свердловск, 1988. С. 51—86.
- Никель Э., Мандарино Дж. Порядок рассмотрения материалов, предоставленных в Комиссию по новым минералам и названиям минералов при Международной минералогической ассоциации, и некоторые вопросы минералогической номенклатуры // Минер. журн. 1989. Т. 1. С. 51—86.
- Comeforo I. E., Hatch K., Wilhelm E. Isomorphism of synthetic fluorine-amphiboles // Amer. Miner. 1951. N 3—4. P. 312.
- Douglas I. A. V., Plant A. D. Amphibole: first occurrence in an enstatite chondrite (abstr.) // Meteoritics. 1968. Vol. 4. P. 166.
- Kohn I. A., Comeforo I. E. Synthetic asbestos investigation: X-ray and other data on synthetic fluor-richterite, -edenite and -boron edenite // Amer. Miner. 1955. Vol. 40. N 5—6. P. 410—421.
- Olsen E. Amphibole: first occurrence in a meteorite // Science. 1967. Vol. 156. P. 61—62.
- Olsen E., Huebner I. S., Douglas I. A. V. Meteoritic amphiboles // Amer. Miner. 1973. Vol. 58. N 9—10. P. 869—872.
- Petersen E. U., Essen E. I., Peacor D. R. Fluorine end-member micas and amphiboles // Amer. Miner. 1982. Vol. 67. N 5—6. P. 538—544.

Санкт-Петербургский университет

Поступила в редакцию
1 декабря 1992 г.