

НОВЫЕ МИНЕРАЛЫ

УДК 549.643(470.5)

© Д. чл. А. Г. БАЖЕНОВ,* д. чл. И. Л. НЕДОСЕKOVA,** Т. В. КРИНОВА,*
А. Б. МИРОНОВ,* д. чл. П. В. ХВОРОВ*

ФТОРМАГНЕЗИОАРФВЕДСОНИТ $\text{NaNa}_2(\text{Mg}, \text{Fe}^{2+})_4\text{Fe}^{3+}[\text{Si}_8\text{O}_{22}](\text{F}, \text{OH})_2$ — НОВЫЙ МИНЕРАЛЬНЫЙ ВИД В ГРУППЕ АМФИБОЛОВ (ЩЕЛОЧНОЙ КОМПЛЕКС ИЛЬМЕНСКИХ-ВИШНЕВЫХ ГОР, ЮЖНЫЙ УРАЛ)¹

A. G. BAZHENOV, I. L. NEDOSEKOVA, T. V. KRINOVA, A. B. MIRONOV, P. V. KHVOROV.
FLUORMAGNESIOARFVEDSONITE $\text{NaNa}_2(\text{Mg}, \text{Fe}^{2+})_4\text{Fe}^{3+}[\text{Si}_8\text{O}_{22}](\text{F}, \text{OH})_2$ — A NEW MINERAL
SPECIES OF THE AMPHIBOLE GROUP
(IL'MENY-VISHNEVYE MOUNTAINS ALKALINE MASSIF, THE SOUTH URALS)

* Институт минералогии УрО РАН, 456317, Миасс Челябинской обл.

** Санкт-Петербургский университет, 199034, Санкт-Петербург, Университетская наб., 7/9

Fluormagnesioarfvedsonite (FMA) is a new mineral species of amphibole group from alkaline complex of Ilmeny-Vishnevy Mountains, South Urals. It occurs in albite—microcline fenites in contact zone of Ilmen Alkaline Massif in association with microcline-perite, microcline, albite, phlogopite, quartz and accessory sphene, rutile, apatite, pyrite, zircon. Amphibole forms short-prismatic grains. Colour is light grey. Hardness on Mohs is 5.5. Its crystals are brittle, have cleavage (110). $D_{\text{meas}} 3.09 \text{ g/cm}^3$. $D_{\text{calc}} 3.04 \text{ g/cm}^3$. Biaxial (+). $2V = 50-70^\circ$, $c: Z = 15-16^\circ$. $Y = b$; $\alpha 1.618$, $\beta 1.629$, $\gamma 1.632$. Pleochroism in immersion preparation: Z — greenish-blye, Y — lilacish, X — yellowish, nearly colourless. FMA is monoclinic, space group is $C2/m$, $a 9.81 \text{ \AA}$, $b 18.05 \text{ \AA}$, $c 5.29 \text{ \AA}$, $\beta 103.9^\circ$, $V 910.2 \text{ \AA}^3$, $Z = 2$. The strongest X-ray diffraction lines [d , \AA (hkl)]: 8.42(34.110), 3.392(11.041), 3.264(23.240), 3.129(100.310), 2.804(28.330), 2.716(10.331), 2.708(17.151), 1.895(10.510). West analysis gives: SiO_2 , 56.76, TiO_2 0.56, Al_2O_3 , 1.47, Fe_2O_3 5.76, FeO 0.79, MnO 0.29, MgO 20.10, CaO 2.86, Na_2O 7.50, K_2O 1.62, H_2O^+ 0.84, F 2.80, — $\text{O} = \text{F}_2$ 1.18, sum 100.12, wt%. Chemical formula $(\text{Na}_{0.44}\text{K}_{0.29})_{0.73}(\text{Na}_{1.57}\text{Ca}_{0.43})(\text{Mg}_{4.14}\text{Mn}_{0.03}\text{Fe}_{0.09}^{2+}\text{Fe}_{0.60}^{3+}\text{Ti}_{0.05}\text{Al}_{0.09})_5\text{O}_{22}(\text{Si}_{7.85}\text{Al}_{0.15})_8\text{O}_{22}(\text{F}_{1.22}\text{O}_{0.78})_2\text{O}_6$. Fluormagnesioarfvedsonite $\text{NaNa}_2\text{Mg}_4\text{Fe}^{3+}\text{Si}_8\text{O}_{22}(\text{F}, \text{OH})_2$ is a F-analogue magnesioarfvedsonite with F in W position > 1.0 .

Новый амфибол — магнезиоарфведсонит, в котором фтор преобладает над гидроксидом, или более строго — в типовой формуле амфибола $\text{A}_{0-1}\text{B}_2\text{C}_5(\text{T}_8\text{O}_{22})\text{W}_2$ фтор занимает более половины позиции W. Эта особенность состава послужила основанием для выделения минерального вида и отражена в его названии в соответствии с рекомендациями КНМНМ ММА (Никель, Грайс, 1999).

Фтормагнезиоарфведсонит обнаружен авторами в различных участках Ильмено-Вишневогорского щелочного комплекса (Южный Урал). В Вишневых горах этот минерал слагает флогопито-амфиболовые породы (фениты), которые образуют оторочки карбонатитовых жил, рассекающих Булдымский серпентинитовый массив, линзовидное тело которого залегает среди пород кровли Вишневогорского миаскиитового плутона (Недосекова, 1988). Амфибол образует хорошо ограниченные кристаллы и бесформенные зерна до 10 см в длину. Кроме породообразующих флогопита

¹ Рассмотрено и рекомендовано к опубликованию Комиссией по новым минералам и названиям минералов Всероссийского минералогического общества РАН 29 июля 1997. Утверждено Комиссией по новым минералам и названиям минералов Международной минералогической ассоциации 5 января 1999 г.

Таблица 1

Физические параметры фтормагнезиоарфведсонитов
Physical parameters of fluormagnesioarfvedsonites

Параметр	1	2	3	4	5	6	7	8
Оптические данные								
Пл. о. о.	(010)	(010)	(010)	—	—	(010)	⊥ (010)	—
<i>c</i> : <i>N_g</i>	15—16	75—85	10—65	40	—	67—70	<i>Nm</i> 12—20	<i>c</i> : <i>Nm</i> 20
+2 <i>V</i>	50—70	33—60	25—35	—	—35	90	—(35—45)	—
<i>n_g</i>	1.632	1.653	—	—	1.632	1.685	1.630	1.630
<i>n_m</i>	1.629	—	—	1.635	—	—	1.623	1.683
<i>n_p</i>	1.618	1.640	—	1.626	1.624	1.672	1.618	1.618
Параметры элементарной ячейки								
<i>a</i> , Å	9.81	—	9.85	9.837	—	9.81	—	9.73
<i>b</i> , Å	18.05	—	18.08	18.09	—	17.98	—	17.87
<i>c</i> , Å	5.29	—	5.33	5.227	—	5.22	—	5.27
β, град	103.9	—	104.7	104.01	—	105.17	—	107.7
<i>V</i> , Å ³	910.2	—	918	903.2	—	—	—	892
Плотность, г/см ³								
<i>d_{изм}</i>	3.09	3.14	—	—	—	—	—	—
<i>d_{выч}</i>	3.04	—	3.12	3.10	—	—	—	—

Примечание. 1—3 — Западный экзоконтакт Ильменогорского миаскитового массива: 1 — проба НКс14А, лейкократовый флогопит-амфиболовый фенит, 2 — проба ФР, амфиболовый фенит, 3 — проба НК-85-8А, мезократовый амфибол-флогопитовый фенит; 4 — кровля Вишневогорского миаскитового массива; проба К-15, флогопит-амфиболовая порода, обрамляющая жилу карбоната в гипербазитах Булдымского массива; 5 — амфиболово-карбонатная порода в зоне контакта граносиенитов с доломитами (Андреев, 1962); 6 — амфибол-альбитовая порода, экзоконтакт Заангарского массива нефелиновых сиенитов (Свешникова и др., 1966); 7 — «Синтетический волокнистый фтор-магнийевый арфведсонит» (Федосеев, Чигарева, 1964); 8 — то же (Fedoseev et al., 1970).

и амфибола в качестве аксессуарных в этих породах отмечаются магнетит, ильменит, пирротин, апатит, пиррохлор, циркон, монацит. В Ильменских горах фтормагнезиоарфведсонит встречается в амфибол-флогопитовых альбит-микроклиновых фенитах, образующих линзы и пластины среди разнообразных фенитов и сиенитов в западном экзоконтактовом ореоле Ильменогорского миаскитового массива (Баженов, 1992), где он ассоциирует с микроклин-пертитом, микроклином, альбитом, иногда кварцем и аксессуарными сфеном, рутилом, апатитом, пиритом. В восточном экзоконтакте этого массива он отмечается во флогопит-амфиболовых метагипербазитах (копь 97). Во всех этих случаях породы, содержащие фтормагнезиоарфведсонит, являются фациями аналогичных пород с фторрихтеритом, новым минеральным видом, описанным здесь ранее (Баженов и др., 1993), имеют с ними постепенные переходы и внешне не отличимы от них. Ниже приведена краткая характеристика проб, сведения о физических параметрах и химическом составе амфиболов из которых даны в табл. 1 и 3.

1. Амфибол, химический анализ и параметры физических свойств которого представлены в 1-х колонках этих таблиц, а результаты расчета дифрактограммы — в табл. 2, выделен из лейкократового фенита, светлой породы с пятнистым распределением амфибол- и флогопитсодержащих ассоциаций. Он состоит из микроклин-пертита с незначительным содержанием пертитовых вростков, заключенного в мелкозернистом микроклин-альбитовом агрегате. Амфибол в этом агрегате образует мелкие короткопризматические зерна. Макроскопически он бледно-серый со слабым голубовато-синим оттенком. В шлифе почти бесцветен, в иммерсионном препарате при толщине зерен > 0.1 мм плеохроирует: || *c* — зеленовато-голубой, || *b* — сиреневатый, ⊥ *bc* — желтоватый, почти бесцветный. Дисперсия $r > v$.

Таблица 2

Межплоскостные расстояния фтормагнезиоарфведсонита (обр. НК-с14А)
X-ray powder diffraction data for fluoromagnesioarfvedsonite (specimen НК-с14А)

<i>I</i>	<i>d</i> _{изм}	<i>d</i> _{выч}	<i>hkl</i>	<i>I</i>	<i>d</i> _{изм}	<i>d</i> _{выч}	<i>hkl</i>	<i>I</i>	<i>d</i> _{изм}	<i>d</i> _{выч}	<i>hkl</i>
34	8.42	8.421	110	4	2.579	2.574	241	1	1.939	1.939	421
2	4.87	4,858	11 $\bar{1}$	5	2.524	2.525	20 $\bar{2}$	10	1.895	1.895	510
6	4.762	4.764	200	1	2.392	2.390	40 $\bar{1}$	2	1.869	1.865	460
6	4.483	4.454	021	4	2.376	2.382	400	2	1.852	1.850	53 $\bar{1}$
1	4.205	4.210	220	5	2.321	2.319	112	3	1.816	1.816	530
2	4.016	4.017	111	4	2.313	2.310	42 $\bar{1}$	1	1.793	1.786	312
3	3.864	3.862	13 $\bar{1}$	2	2.262	2.261	31 $\bar{2}$	1	1.676	1.675	31 $\bar{3}$
11	3.392	3.382	041	1	2.198	2.201	24 $\bar{2}$	10	1.654	1.654	511
23	3.264	3.271	240	2	2.173	2.179	132	4	1.632	1.631	60 $\bar{1}$
100	3.129	3.127	310	9	2.161	2.167	261	2	1.606	1.607	352
2	3.007	3.000	060	2	2.129	2.128	152	3	1.589	1.588	600
8	2.956	2.946	051	2	2.058	2.060	202	2	1.577	1.579	40 $\bar{3}$
2	2.921	2.930	15 $\bar{1}$	3	2.022	2.025	351	2	1.566	1.568	55 $\bar{2}$
28	2.804	2.807	330	1	2.002	2.008	40 $\bar{2}$	2	1.526	1.524	35 $\bar{3}$
10	2.716	2.716	33 $\bar{1}$	1	1.994	2.000	45 $\bar{1}$	3	1.507	1.508	56 $\bar{2}$
17	2.708	2.711	151	1	1.950	1.949	062	2	1.494	1.495	48 $\bar{2}$

Примечание. Анализ выполнен на дифрактометре ДРОН-2.0, Fe — анод, в качестве внутреннего стандарта использован кварц. Параметры элементарной ячейки: $a = 9.81(9)$, $b = 18.01(3)$, $c = 5.28(1)$, $\beta = 103.8(2)$, расчет проведен методом наименьших квадратов, использованы все приведенные в таблице отражения.

2. Более железистый амфибол, макроскопически почти черный, отобран из лейкократового, однородного по структуре и составу среднезернистого амфиболового фенита. Данные о нем приведены в колонках 2 табл. 1 и 3. В иммерсионном препарате он сильно плеохроирует: $\parallel c$ — аквамаринно-зеленый, $\parallel b$ — грязноватый фиолетово-синий, $\perp bc$ — буровато-желтоватый. Абсорбция в разрезах, параллельных (010), ниже, чем в разрезах по другим направлениям. Дисперсия сильная: $r > v$.

3. В 3-х колонках табл. 1—3 представлены сведения об амфиболе из мезократового неравнозернистого фенита с пятнистым и полосчатым распределением лейкократовых и темноцветных участков. Лейкократовые участки состоят из крупных (3—5 мм) зерен микролин-мезопертита, разделяемых мелкозернистым агрегатом альбита и микролина. Меланократовые участки сложены преимущественно срастаниями тонких табличек и толстых пачек флогопита, к которому присоединяются мелкие и крупные (до 1 см) зерна амфибола, альбит, микролин, акцессорные сфен, апатит, циркон. Флогопит розовато-оранжевый, в шлифе плеохроирует не резко, от оранжево-желтого \perp (001) до светлого каштаново-коричневого вдоль (001). Индивиды амфибола вытянуты по оси c , иногда по оси b , не имеют хорошо выраженных кристаллографических ограничений. Флогопит то вростает в амфибол в виде тонких идиоморфных табличек, то обрастает его и тогда не образует собственных граней. Амфибол макроскопически почти черный, в шлифе нормальной толщины резко плеохроирует: $\parallel c$ — аквамаринно-зеленый, $\parallel b$ — сиреневато-серый, $\perp bc$ — желто-бурый. Схема абсорбции: $\parallel c = \parallel b > \perp bc$. Дисперсия сильная: $v > r$.

4. Проба К-15 (колонка 4) отобрана из крупнозернистой флогопит-амфиболовой породы в оторочке жилы карбонатита, рассекающей линзу гипербазита. Амфибол плеохроирует в иммерсии: $\parallel c$ — голубовато-зеленый, $\parallel b$ — буровато-зеленый с сиреневым оттенком, $\perp bc$ — светлый буровато-желтоватый. Дисперсия $v > r$ до сильной.

При исследовании в оптическом микроскопе амфиболы всех образцов однородны, никакой неоднородности не обнаружено ни в густоте окраски, ни по угасанию. Материал для анализа выделялся из фракции $-0.25 \div +0.16$ или $+0.25 \div -0.5$ (в зави-

Таблица 3

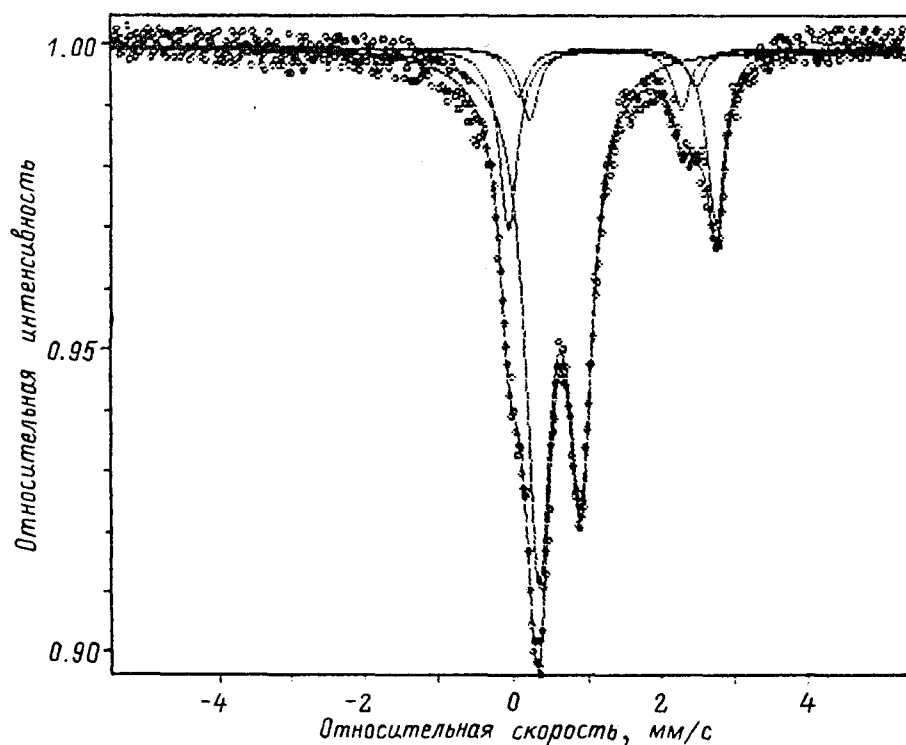
Химический состав (мас. %) фтормагнезиоарфведсонитов
Chemical composition of fluormagnesoarfvessonites (wt %)

Компонент	Анализ							
	1	2	3	4	5	6	7	8
SiO ₂	56.76	55.60	54.13	54.28	54.65	52.27	55.35	55.97
TiO ₂	0.51	0.46	0.44	0.20	0.38	0.74	—	—
Al ₂ O ₃	1.47	1.30	1.00	1.25	2.41	2.38	0.45	0.22
Fe ₂ O ₃	5.76	5.09	7.78	7.60	6.61	10.75	9.03	9.03
FeO	0.79	3.95	5.17	2.87	4.44	5.90	—	—
MnO	0.29	0.13	0.35	0.44	0.87	3.75	—	—
MgO	20.10	18.00	16.18	18.31	17.38	8.34	22.22	21.55
CaO	2.86	2.20	3.75	3.39	1.82	1.27	0.62	0.67
Na ₂ O	7.50	8.70	5.86	7.20	7.50	8.70	9.42	9.55
K ₂ O	1.62	1.58	2.30	1.26	1.50	2.40	—	—
H ₂ O ⁺	0.84	0.79	0.61	0.72	0.43	1.35	—	—
F	2.80	2.69	3.32	2.88	2.69	2.32	3.44	3.85
—O=F ₂	1.18	1.14	1.39	1.22	1.13	0.95	1.44	—
Сумма	100.12	99.37	99.50	99.18	99.94	100.18*	100.0	99.85

Химическая формула (1/2 элементарной ячейки)									
T	Si	7.85	7.90	7.80	7.76	7.63	7.9	7.76	7.84
	Al	0.15	0.10	0.17	0.21	0.37	—	0.07	0.03
	Fe ³⁺	—	—	0.03	0.03	—	0.1	0.17	0.13
C	Al	0.09	0.12	—	—	0.03	0.2	—	—
	Ti	0.05	0.05	0.05	0.02	0.04	0.1	—	—
	Fe ³⁺	0.60	0.54**	0.82	0.77	0.70	1.2	0.79	0.51
	Fe ²⁺	0.09	0.47	0.62	0.34	0.52	0.7	—	—
	Mn	0.03	0.01	0.04	0.05	0.10	0.5	—	—
	Li	—	—	—	—	—	0.3	—	—
B	Mg	4.14	3.81	3.47	3.82	3.62	1.9	4.21	4.16
	Ca	0.43	0.33	0.58	0.50	0.27	0.2	0.09	0.10
	Mg	—	—	—	—	—	—	0.44	0.33
	Na	1.57	1.67	1.42	1.50	1.73	1.8	1.47	1.64
A	K	0.29	0.28	0.42	0.16	0.27	0.4	—	—
	Na	0.44	0.72	0.22	0.42	0.30	0.6	1.09	0.92
	Na + K	0.73	1.00	0.64	0.58	0.57	1.0	1.09	0.92
W	F	1.22	1.21	1.51	1.29	1.19	1.0	1.53	1.70
	OH	0.78	0.75	0.49	-0.49	0.40	0.4	—	—
	Cl	—	—	—	—	—	—	0.28	0.20
	O	—	0.04	—	—	0.41	0.6	0.19	0.10

Примечание. Места отбора проб и названия пород приведены в примечании к табл. 1; ан. 1 и 2 пересчитаны на формулу на базе 13 катионов (5C + 8T), ан. 3 и 4 — по методу М. Хей (Булах, 1964). Аналитики: ан. 1, 3 и 4 — Т. В. Кринова, ан. 2 — О. А. Смирнова; (*) — кроме того, Li₂O 0.57, H₂O 0.08, ZnO 0.16, ZrO₂ 0.15, Rb₂O 0.02, Cs₂O 0.02; (**) — с использованием отношения Fe³⁺/Fe²⁺, полученного при анализе ЯГР-спектра: Fe_{0.69}Fe_{0.32} (табл. 4), коэффициенты у некоторых катионов несколько иные, более близкие к конечному члену магнезиоарфведсонита, — (Si_{7.84}Al_{0.16})_{8.00}(Al_{0.13}Ti_{0.05}Fe_{0.69})_{0.87}Fe_{0.32}Mg_{3.81} — и почти абсолютный баланс зарядов в формуле (дисбаланс зарядов Δ = +0.04).

симости от размера зерен, свободных от сростков с другими минералами) путем электромагнитной сепарации и дальнейшей очистки в жидкости Клеричи. С помощью иглы материал доводился до чистоты не ниже 99.8 %. Главной примесью являлся флогопит, но такое его количество не могло оказать существенного влияния на состав проб, в том числе и на содержание в пробах фтора. В пробе ФР при



Мессбауэровский спектр фтормагнезиоарфведсонита, обр. ФР.
Mössbauer spectrum of fluormagnesioarfvedsonite, specimen FR.

исследовании в электронном микроскопе двадцати зерен только в одном обнаружен мельчайший кристаллик циркона, в одном — восток калиевого полевого шпата.

Химический состав фтормагнезиоарфведсонитов определялся в лаборатории Института минералогии. Традиционный силикатный анализ сочетал гравиметрические, титриметрические, фотометрические методы. К и Na определялись пламенно-фотометрическим, Fe^{2+} — хроматометрическим, F — потенциометрическим ионноселективным методами (ошибка при содержании 2—3 % F составляет ~0.03 % абсолютных или ~1 % относительных), H_2O^+ — по Пенфилду (ошибка при содержании ~1 % составляет ~10 %). Результаты анализов представлены в табл. 3. Пересчеты на кристаллохимическую формулу $A_{0-1}B_2C_5T_8O_{22}W_2$, приведенные в колонках 1 и 2, проводились на основе 13 катионов (5C + 8T), в колонках 3 и 4 — по методу М. Хейя (Булах, 1964).

Для пробы ФР проведен мессбауэровский анализ (рис. 1, табл. 4). Спектрометр СМ2201 (источник излучения Co-57 в матрице из хрома) в режиме постоянных ускорений при температуре 300 К. Плотность по природному железу в образце в ходе эксперимента составила около 10 мг/см². Спектрометр был откалиброван по стандартному образцу нитропрусида натрия. Результаты измерений обрабатывали методом наименьших квадратов с помощью программы SPECTR в приближении тонкого поглотителя (лоренцевская форма линии). Для компенсации эффекта текстурирования при разложении мессбауэровского спектра на компоненты на амплитуды пиков внутри каждого квадрупольного дуплета накладывались линейные нежесткие связи. Выбор окончательного варианта обработки спектра осуществлялся путем последовательного добавления дублетов до достижения минимального значения χ^2 . Одновременно контролировались изменения величин мессбауэровских параметров разложения спектра (изомерный сдвиг IS , квадрупольное расщепление QS , полуширина линии HW). На первоначальном этапе обработки спектра значения полуширин

Таблица 4

Параметры разложения мессбауэровского спектра фтормагнезиоарфведсонита
Mössbauer parameters of fluormagnesiоarfvedsonite

Fe ²⁺ (M1)				Fe ²⁺ (M3)				Fe ²⁺ (M2)				Fe ³⁺ (M2, M1, M3)			
IS	QS	HW	S	IS	QS	HW	S	IS	QS	HW	S	IS	QS	HW	S
1.34	2.82	0.30	19.9	1.28	2.42	0.30	4.4	1.25	2.07	0.30	7.5	0.61	0.57	0.40	68.2

Примечание. *IS* — изомерный сдвиг относительно нитропруссиды натрия (мм/с), *QS* — квадрупольное расщепление (мм/с), *HW* — полуширина линии (мм/с), *S* — процентное содержание компоненты спектра (под-спектра).

поддерживались равными для всех компонент во всех моделях разложения. Последовательное снятие ограничений на параметры разложения привело в конечном итоге к равенству значений полуширин для компонент одинаковой валентности железа. Полученная итоговая модель разложения спектра (см. рисунок) соответствует модели Дж. М. Бэнкрофта (Bancroft, 1967), в рамках которой три дублета с наибольшим квадрупольным расщеплением (2.82, 2.42, 2.07 мм/с) приписаны ионами Fe²⁺ в позициях M1, M3 и M2 соответственно, а дублет со значением QS 0.57 мм/с обусловлен суммарным вкладом от Fe³⁺ в позициях M1, 2, 3. О возможности вхождения ионов Fe³⁺ помимо позиции M2 также в позиции M1 и M3 говорит небольшое уширение линий (HW = 0.40 мм/с) в дублете от Fe³⁺ по сравнению с шириной линий в дублетах от Fe²⁺. В целом полученные значения мессбауэровских параметров фтормагнезиоарфведсонита (табл. 4) хорошо согласуются с результатами ранее проведенных мессбауэровских исследований арфведсонитов (Лапидес, Валетов, 1986). Основное отличие этих данных заключается в том, что в изученном образце в отличие от арфведсонитов Fe³⁺ преобладает над Fe²⁺.

Все эти амфиболы являются высокомагнезиальными: Mg/(Mg + Fe²⁺) составляет от 0.86 до 0.98. Фтора в них содержится от 2.69 до 3.32 % (1.21—1.51 ф. е. на половину элементарной ячейки), что может быть интерпретировано как присутствие от 60 до 75 % фторамфиболового минала в этих магнезиоарфведсонитах. Эта особенность их состава является основанием для выделения фтормагнезиоарфведсонита в качестве самостоятельного минерального вида, как было предложено Э. Петерсеном с соавторами (Peterson et al., 1982), а затем рекомендовано КНМНМ ММА (Никель, Мандарино, 1989).

Показатель сопоставимости данных о составе и физических параметрах (compatibility index) вычислен для колонок 1 и 2 (пробы НКс14А и ФР). Для 1-й колонки он равен 0.010, что соответствует оценке *superior* (превосходно), для 2-й — 0.030 и оценивается *good* (хорошо).

Богатые фтором магнезиоарфведсониты давно известны в экзоконтактных зонах щелочных массивов. Магнезиоарфведсонит с содержанием фтора 2.63 мас. % и отношением F/(F + OH) > 0.5 (табл. 1 и 3, колонки 5) был обнаружен в зоне контакта интрузии гранитов, сиенитов и щелочных гранитов с доломитами и кварцитами, где щелочные амфиболы образуют просечки, секущие вмещающие породы, скарны и железные руды (Андреев, 1962). В альбито-арфведсонитовых породах из экзоконтакта Заангарского массива нефелиновых сиенитов описан магнезиоарфведсонит с отношением F/(F + OH + O) = 1.0 (табл. 1 и 3, колонки 6). Он более железист, чем описанные выше амфиболы Ильменских и Вишневых гор. В нем «обнаруживается резкий плеохроизм от голубовато-зеленого до желто-бурого цвета. $N_p = N_m > N_g$. Удлинение отрицательное» (Свешникова и др., 1966). Положение осей индикатрисы не указано, но если судить по приведенной схеме плеохроизма, по-видимому, $Nm = b$.

Синтетический богатый фтором амфибол, по составу близкий к магнезиоарфведсониту, описан А. Д. Федосеевым и О. Г. Чигаревой (1964). Он содержит 3.44 мас. % фтора, или 1.53 ф. е. (табл. 1 и 3, колонки 7). От природных магнезиоарфведсонитов он отличается тем, что в позицию В в формуле этого амфибола входит Mg в

Hogarth D. D., Lapointe P. Amphibole and pyroxene in fenite from Cantley, Quebec // *Canad. Miner.* 1984. Vol. 22. P. 281—295.

Pearson J. M., Taylor W. R. Mineralogy and geochemistry of fenitized alkaline ultrabasic sills of the Gifford Creek complex, Gascoigne province, Western Australia // *Canad. Miner.* 1996. Vol. 34. P. 201—219.

Petersen E. U., Essene E. I., Peacor D. R. Fluorine end-member micas and amphiboles // *Amer. Miner.* 1973. Vol. 9—10. P. 869—872.

Поступила в редакцию
11 февраля 2000 г.

УДК 549.6

ЗВМО, № 6, 2000 г.
Proc. RMS, N 6, 2000

© Почетный член А. П. ХОМЯКОВ,* д. чл. Г. Н. НЕЧЕЛЮСТОВ,** д. чл. Е. В. СОКОЛОВА,**
Ф. К. ХОТОРН****

**НОВЫЕ БОРОСИЛИКАТЫ МАЛИНКОИТ NaBSiO_4
И ЛИСИЦЫНИТ KBSi_2O_6
ИЗ ЩЕЛОЧНЫХ ПЕГМАТИТОВ ХИБИНО-ЛОВОЗЕРСКОГО КОМПЛЕКСА
(КОЛЬСКИЙ ПОЛУОСТРОВ)¹**

A. P. KHOMYAKOV, G. N. NECHELYUSTOV, E. V. SOKOLOVA, F. C. HAWTHORNE.
NEW BOROSILICATES: MALINKOITE, NaBSiO_4 , AND LISITSYNITE, KBSi_2O_6 ,
FROM ALKALINE PEGMATITES OF THE Khibiny-LOVOZERO COMPLEX, KOLA PENINSULA

* Институт минералогии, геохимии и кристаллохимии редких элементов,
121357, Москва, ул. Версаева, 15

** Всероссийский институт минерального сырья, 109017, Москва, Старомонетный пер., 29

*** Московский университет, 119899, Москва, Воробьевы горы

**** Университет Манитобы, Виннипег, R3T2N2

Malinkoite NaBSiO_4 and lisitsynite KBSi_2O_6 were found in hyperagpaitic pegmatites in, respectively, the Lovozero and Khibiny alkaline massifs, Kola Peninsula. Malinkoite occurs as rosette-like intergrowths of wedge-shaped crystals and spherulites up to 3 mm across. Colorless, pale pink or greenish-blue. Transparent or turbid. Hardness 7. Optically biaxial, negative, $n_p = 1.582$, $n_g = 1.591$. Hexagonal, space group $P6_3$, $a = 13.8964$, $c = 7.7001$ Å, $Z = 18$. Its crystal structure is based on a framework consisting of six-membered rings of Si and B tetrahedra, whose cavities are occupied by Na atoms. The name is in honour of Svetlana V. Malinko (b. 1927), well-known Russian mineralogist, discoverer of a record number of boron minerals. Lisitsynite occurs as irregularly shaped grains and subhedral tabular crystals 0.2 to 0.5 mm across. Density 2.74 g/cm³. Optically biaxial, negative, $n_p = 1.561$, $n_m = 1.563$, $n_g = 1.564$, $2V = 51^\circ$. Orthorhombic, space group $P2_12_12_1$, $a = 9.9630$, $b = 10.4348$, $c = 4.7044$ Å, $Z = 4$. Its crystal structure is based on a framework composed of four-, six-, and eight-membered rings of Si and B tetrahedra, whose cavities are occupied by K atoms. The name is in honour of Apollon E. Lisitsyn (1928—1999), well-known Russian specialist in the mineral resources, geology, and mineralogy of boron deposits. Type specimens of malinkoite and lisitsynite are deposited in the Fersman Mineralogical Museum, Moscow.

Минералы бора являются характерными аксессуориями ультраагпайтовых пегматитов и гидротермалитов Хибино-Ловозерского комплекса, в котором ранее были обнаружены лейкофенит $\text{Na}_4\text{BaTi}_2\text{B}_2\text{Si}_{10}\text{O}_{30}$, сирлезит $\text{NaBSi}_2\text{O}_5(\text{OH})_2$, ридмерджнерит NaBSi_3O_8 и кальборсит $\text{K}_6\text{Al}_4\text{Si}_6\text{O}_{20}[\text{B}(\text{OH})_4]\text{Cl}$ (Мерьков и др., 1975; Хомяков и др., 1980; Хомяков, Рогачев, 1991; Хомяков, 1990; Пеков, Чуканов, 1996; Khomyakov, 1995). Настоящая работа содержит описание двух новых борных минералов малинкоита (malinkoite) NaBSiO_4 и лисицынита (lisitsynite) KBSi_2O_6 , обнаруженных одним из авторов (А. П. Х.) соответственно в Ловозерском и Хибинском массивах. Новые минеральные виды названы в честь супружеской четы российских ученых —

¹ Рассмотрено и рекомендовано к опубликованию Комиссией по новым минералам и названиям минералов Всероссийского минералогического общества РАН 24 февраля 2000 г. Утверждено Комиссией по новым минералам и названиям минералов Международной минералогической ассоциации 3 мая 2000 г.

существенном количестве (0.44 ф. е.). Позднее были опубликованы сведения о синтетическом фтормагниево арфведсоните, содержащем 3.85 % F, что соответствует 1.7 ф. е. (Fedoseev e. a., 1970). Данные о физических свойствах и химическом составе этого амфибола приведены в колонках 8 табл. 1 и 3.

Сведения о богатых фтором магнезиоарфведсонитах появляются и в работах по петрологии щелочных пород. Микронзондовые анализы в них не сопровождаются сведениями о физических свойствах. Так, в окрестностях Оттавы (Канада) в фени-тах по гнейсам, обрамляющим рудные дайки и линзы, среди щелочных амфиболов отмечаются магнезиоарфведсониты с содержанием F от 2.4 до 3.3 % (Hogarth, Lapointe, 1984), что соответствует 1.1—1.5 ф. е. И хотя ошибка микронзондового анализа, по свидетельству авторов, здесь составляла 20 %, фтормагнезиоарфведсониты среди этих амфиболов, несомненно, есть. Магнезиоарфведсониты с содержанием F > 2.2 % отмечены в ультраосновном силле среди фенитизированных пород комплекса Гиффорд Крик в Западной Австралии (Pearson, Taylor, 1996). Не исключено, что в этом комплексе могут быть найдены и фтормагнезиоарфведсониты.

Термин магнезиоарфведсонит был введен в литературу Ю. В. Андреевым (Андреев, 1957). Так был назван им волокнистый амфибол из брейнерит-амфиболовых прожилков в карбонатизированном змеевике, в одном из гипербазитовых массивов Среднего Урала. Ранее, с 1943 г., такой амфибол именовался режикит (по р. Режик), это название предложил Ф. В. Сыромятников, впервые изучавший этот минерал (Соболева, Соболев, 1959; Сыромятников, 1963).

Эталонные образцы фтормагнезиоарфведсонита переданы в Естественно-научный музей Ильменского заповедника, в отдел минералогии Горного музея Санкт-Петербургского горного института (образец 2876 по Книге поступлений).

Авторы благодарны А. Ф. Бушмакину за определение плотности минерала, членам Комиссии по новым минералам ММА — за конструктивные замечания.

Список литературы

- Андреев Ю. К. Новая разновидность щелочного амфибола — магнезиоарфведсонит. Минералогия и петрография месторождений нерудных ископаемых. М., 1957. С. 12—20.
- Андреев Ю. К. Генетические типы месторождений щелочно-амфиболовых (голубых) асбестов как основа их поисков. Закономерности размещения полезных ископаемых. М., 1962. С. 256—291.
- Баженов А. Г. О находке фтормагнезиоарфведсонита в фенидах ильменогорского щелочного комплекса и о проблеме арфведсонита, глаукофана, рибекита в щелочно-амфиболовом комплексе Ильменских—Вишневых гор. Минералы и минеральное сырье Урала. Екатеринбург, 1992. С. 26—32.
- Баженов А. Г., Недосекова И. Л., Петерсен Э. У. 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 амфиболов // ЗВМО. 1993. № 3. С. 98—102.
- Булах А. Г. Расчет формул минералов. М.: Недра, 1964. 131 с.
- Латидес И. Л., Валетов Т. А. Упорядоченность катионов в амфиболах. М.: Наука, 1986. 124 с.
- Недосекова И. Л. Породообразующие минералы щелочных метасоматитов и карбонатитов Буддынского гипербазитового массива (Вишневые горы) // Материалы к минералогии рудных районов Урала. Свердловск, 1988. С. 52—61.
- Никель Е. Х., Грайс Д. Д. КНМНМ ММА: правила и руководство по номенклатуре минералов. 1998 // ЗВМО. 1999. № 2. С. 51—65.
- Никель Э., Мандарино Дж. Порядок рассмотрения материалов, представленных в Комиссию по новым минералам и названиям минералов при Международной минералогической ассоциации, и некоторые вопросы минералогической номенклатуры // Минер. журн. 1989. Т. 11. № 1. С. 51—86.
- Свешиникова Е. В., Ломейко Е. И., Еришова З. П., Усенко А. М. Фторсодержащие магнезиальные арфведсониты из щелочных пород Енисейского кряжа // Новые данные о минералах СССР. Тр. Минер. музея. Вып. 17. М., 1966. С. 224—228.
- Соболева М. В., Соболев Н. Д. Генезис и поисковые критерии месторождений голубого режикит-асбеста // Сов. геология. 1959. Вып. 9. С. 94—104.
- Сыромятников Ф. В. Синтез режикита (предварительное сообщение) // Минеральное сырье. 1963. Вып. 8. С. 104—106.
- Федосеев А. Д., Чигарева О. Г. Синтетический волокнистый фтор-магниево арфведсонит // Докл. АН СССР. 1964. Т. 156. № 5. С. 1130—1132.
- Bancroft G. M. Quantitative estimates of site populations in an amphibole by the Messbauer effect // Phys. Lett. A. 1967. Vol. 26. N 1. P. 17—18.
- Fedoseev A. D., Grigor'eva L. F., Chigareva O. G., Romanov D. P. Synthetic fibrous fluoramphiboles and their properties // Amer. Miner. 1970. Vol. 5. P. 854—863.