

Krivovichev S. V., Vergasova L. P., Starova G. L., Filatov S. K., Britvin S. N., Roberts A. C., Steele I. M. Burnsite, $\text{KCaCu}_7\text{O}_2(\text{SeO}_3)_2\text{Cl}_9$, a new mineral species from the Tolbachik volcano, Kamchatka peninsula, Russia // *Canad. Miner.* **2002**. Vol. 40. P. 1171—1175.

O'Keeffe M., Bovin J. O. The crystal structure of paramelaconite, Cu_4O_3 // *Amer. Miner.* **1978**. Vol. 63. P. 180—185.

Vergasova L. P., Krivovichev S. V., Semenova T. F. et al. Chloromenite, $\text{Cu}_9\text{O}_2(\text{SeO}_3)_4\text{Cl}_6$, a new mineral from the Tolbachik Volcano, Kamchatka, Russia // *Eur. J. Miner.* **1999**. Vol. 11. P. 119—123.

Поступила в редакцию
6 октября 2004 г.

УДК 549.643 (470.5)

ЗРМО, № 3, 2005 г.
Zapiski RMO, N 3, 2005

© Д. чл. А. Г. БАЖЕНОВ, А. Б. МИРОНОВ, В. А. МУФТАХОВ, П. В. ХВОРОВ

**ФЕРРИВИНЧИТ $\text{NaCaMg}_4\text{Fe}^{3+}[\text{Si}_8\text{O}_{22}](\text{OH},\text{F})_2$ —
НОВЫЙ МИНЕРАЛ ГРУППЫ АМФИБОЛОВ
(ИЛЬМЕНОГОРСКИЙ ЩЕЛОЧНОЙ КОМПЛЕКС, ЮЖНЫЙ УРАЛ)¹**

A. G. BAZHENOV, A. B. MIRONOV, V. A. MUFTAKHOV, P. V. KHVOROV.
FERRIWINCHITE $\text{NaCaMg}_4\text{Fe}^{3+}[\text{Si}_8\text{O}_{22}](\text{OH},\text{F})_2$ — A NEW MINERAL OF THE AMPHIBOLE GROUP
(ILMENOGORSKY ALKALINE COMPLEX, THE SOUTH URALS)

Институт минералогии УрО РАН, 456317, Миасс;
e-mail: bag@ilmeny.ac.ru или mv@ilmeny.ac.ru

Ferriwinchite, the new amphibole group mineral, was found occurring in veins cross-cutting pyroxene fenites of Ilmensky alkaline complex, in association with calcite, quartz and pyrite. It has thin needle-shaped habit, black color, greenish-gray streak. The Mohs' hardness 5.5, brittle, with clear {110} cleavage. Density (meas.) = 3.14 g/cm³. Biaxial (-), n_p 1.670(2), n_m 1.680(5), n_g 1.685(6). Plane of optical axes \perp (010). $N_g = b$. Pleochroism in immersion specimen: c — deep blue, b — violet, $\perp bc$ — light brownish-yellow; absorption: $c = b > \perp bc$. Monoclinic, space group $C2/m$, $a = 9.811(6)$, $b = 18.014(6)$, $c = 5.295(4)\text{Å}$, $\beta = 104.10(6)^\circ$. Main bounds of X-ray powder pattern [d , Å (hkl)]: 8.42(100, 110), 4.507(5, 040), 4.203(4, 220), 3.391(10, 131), 3.268(13, 240), 3.116(60, 310), 2.957(7, 221), 2.800(10, 330), 2.711(20, 151), 2.167(7, 261), 2.024(5, 251), 1.656(7, 461). Chemical composition, by microprobe analysis (wt %): SiO_2 54.90, TiO_2 0.11, Al_2O_3 1.12, FeO 15.91, MnO 0.76, MgO 14.17, CaO 5.10, Na_2O 5.18, K_2O 0.51; sum 97.76%. Empirical formula, calculated for 13 cations: $(\text{Na}_{0.21}\text{K}_{0.09})_{0.30}(\text{Ca}_{0.78}\text{Na}_{1.22})_{2.00}(\text{Mg}_{3.01}\text{Mn}_{0.09}\text{Fe}_{0.85}^{2+}\text{Ti}_{0.01}\text{Fe}_{1.04}^{3+})_{5.00}[(\text{Si}_{7.81}\text{Al}_{0.19})_{8.00}\text{O}_{22}](\text{OH},\text{F})_2$. Ferriwinchite $\square\text{NaCaMg}_4\text{Fe}^{3+}[\text{Si}_8\text{O}_{22}](\text{OH},\text{F})_2$ is the ferri-analog of winchite with $0.50 < \text{Fe}^{3+} < 1.50$. Its type specimen is deposited in the Natural history museum of Ilmensky reservation, the Urals division of the Russian Academy of Sciences, Miass.

Новый амфибол — ферривинчит — является феррианалогом винчита. Его состав и название соответствуют правилам Номенклатуры амфиболов-97 (Номенклатура..., 1997).

Ферривинчит обнаружен в поздних жилках, секущих породы фенитового ореола в щелочном комплексе Ильменских гор. Амфиболы этих жилок, обычно ассоциирующие с кальцитом, кварцем, пиритом, разнообразны по составу. Среди них отмечены актинолит, ферроактинолит, винчит и магнезиорибекит (Баженов и др., 1982, 1999). Состав амфиболов изменяется в зависимости от состава вмещающих пород. В жилках, секущих агпаитовые пироксеновые фениты, пироксеновые сиениты и пироксен-полевошпатовые пегматиты, амфиболы, как правило, имеют состав винчита с высоким содержанием Fe^{3+} . Коэффициент при Fe^{3+} в формуле колеблется от 0.84 до 1.03 (Баженов и др., 2004), и мы называем их по правилу 50 % железистым винчитом и ферривинчитом.

Описываемый ниже ферривинчит отобран из прожилка в фенитах Центральной щелочной полосы в средней части Ильменского заповедника, в 1 км восточнее кордо-

¹ Минерал и его название утверждены КНМНМ ММА 10 декабря 2004 г.

на Селяннинский. Он образует тонкие каемки на призматических и игольчатых кристаллах железистого винчита, а также тонкоигольчатые окончания его расщепленных кристаллов (проба 6101/64).

Амфибол, описываемый под названием железистого винчита (ferrian winchite), приурочен к трещинкам в агпаитовых эгирин-авгитовых фенитах, сиенитах и пегматитах вместе с кварцем и пиритом. Он образует длиннопризматические и игольчатые кристаллики, как правило, собранные в радиальнолучистые агрегаты, которые выстилают стенки трещинок и цементируются кварцем. Габитус кристаллов формируется призмой {110}. Цвет их черный, с синеватым оттенком. Пудра минерала зеленовато-серая. Спайность по призме {110}, кроме того, на спайных обломках нередко видны прямолинейные сколы по (001). Двойники не наблюдались. Излом неровный, до занозистого. Блеск стеклянный. В иммерсии амфибол прозрачен в осколках тоньше 0.3 мм. Плеохроизм: вдоль оси c — голубой, вдоль b — лиловый, поперек плоскости bc — светлый буровато-желтый. Абсорбция: $\|c \approx \|b > \perp bc$. $n_p = 1.675(2)$, $n_g = 1.687(2)$. Пл. о. о. $\perp(010)$. $N_g = b$. $cN_p = 9^\circ$. Параметры элементарной ячейки: $a = 9.828(2)\text{Å}$, $b = 18.060(4)\text{Å}$, $c = 5.298(1)\text{Å}$, $\beta = 105.33(1)^\circ$, $V = 911.2\text{Å}^3$. Плотность $d = 3.13\text{ г/см}^3$, измерена путем уравнивания в жидкости Клеричи А. Ф. Бушмакиным; плотность, вычисленная по данным о составе минерала и объеме его элементарной ячейки, $d = 3.15\text{ г/см}^3$.

Химический состав (мас. %): SiO_2 54.52; TiO_2 0.08; Al_2O_3 2.33; Fe_2O_3 9.33; FeO 8.08; MnO 0.61; MgO 13.67; CaO 4.44; Na_2O 4.75; K_2O 0.63; H_2O^+ 1.53; F 0.32; сумма 99.90 (силикатный анализ, аналитик А. В. Буторина). Расчет по методу М. Хей с учетом объема элементарной ячейки и плотности дал следующую формулу: $(\text{Na}_{0.17}\text{K}_{0.12})_{0.29}(\text{Ca}_{0.68}\text{Na}_{1.15}\text{Mn}_{0.09}\text{Fe}_{0.10}^{2+})_{2.00}(\text{Mg}_{2.92}\text{Fe}_{0.86}^{2+}\text{Ti}_{0.01}\text{Fe}_{1.00}^{3+}\text{Al}_{0.21})_{5.00}[(\text{Si}_{7.81}\text{Al}_{0.19})_{8.00}\text{O}_{22}](\text{OH}_{1.46}\text{F}_{0.34}\text{O}_{0.20})_2$.

Исследования минерала методом мёссбауэровской спектроскопии показали такое распределение ионов железа по откэдрическим позициям железистого винчита: $\text{Fe}^{2+}(\text{M}_1)$ — 36.7, (M_3) — 9.8, (M_2) — 6.8; $\text{Fe}^{3+}(\text{M}_2)$ — 46.8. Отсюда их содержание в формуле: $\text{Fe}_{0.99}^{2+}$, $\text{Fe}_{0.87}^{3+}$, тогда как пересчет химического анализа дает: $\text{Fe}_{0.86}^{2+}$ и $\text{Fe}_{1.00}^{3+}$. Различие связано, возможно, с окислением железа в процессе вскрытия и анализа пробы. Показатель сопоставимости данных о составе и физических параметрах $I = K_p/K_c$ равен 0.009 (superior).

Материал и химический анализ пробы (6101/64) были использованы для исследования структуры амфибола (Sokolova e. a., 2001). Применялся метод Ритвельда с привлечением данных мёссбауэровской спектроскопии. По этим данным, отношение $\text{Fe}^{3+} / \Sigma\text{Fe} = 0.48$ близко к нашим данным. Получено следующее распределение ионов по позициям: $\text{M}(1)$ 2.00 Mg; $\text{M}(2)$ 0.92 Fe^{3+} + 0.20 Al + 0.01 Ti; $\text{M}(3)$ 0.13 Fe^{2+} + 0.79 Mg + 0.07 Mn; $\text{M}(4)$ 1.34 Na + 0.66 Ca; A 0.13 K. Здесь содержание Fe^{3+} составляет 0.92, ионы Fe^{3+} заполняют почти половину позиции $\text{M}(2)$, их количество является промежуточным между теми, которые получены нами по данным химического и мёссбауэровского анализов. Поскольку содержание $\text{Fe}^{3+} < 1.00$, амфибол назван ferrian winchite на основании требований номенклатурной схемы 1997 (Номенклатура..., 1997).

Собственно ферривинчит (с содержанием $\text{Fe}^{3+} > 1.00$) наблюдается в виде тонкой каймы на кристаллах железистого винчита и образует тонкоигольчатые индивиды (проба 6101/64п).

Габитус тонкоигольчатых кристаллов ферривинчита формируется призмой {110}. Цвет их черный. Цвет в порошке зеленовато-серый. Спайность по призме {110}. Двойники не наблюдались. Излом занозистый. Блеск стеклянный. В иммерсии амфибол прозрачен в осколках тоньше 0.3 мм. Сильно плеохроирует: вдоль c — синий, вдоль b — сиреневый, поперек плоскости bc — светлый буровато-желтый. Абсорбция: $c = b > \perp bc$. $n_p = 1.675(2)$, $n_g = 1.687(2)$. Пл. о. о. $\perp(010)$. $N_g = b$. Параметры элементарной ячейки: $a = 9.811(6)\text{Å}$, $b = 18.014(6)\text{Å}$, $c = 5.295(4)\text{Å}$, $\beta = 104.10(6)^\circ$, $V = 908(1)\text{Å}^3$. Плотность не измерялась из-за тонкоигольчатости материала пробы. Плотность, вычисленная по данным о составе минерала и объеме его элементарной ячейки, $d = 3.14\text{ г/см}^3$.

Результаты расчета порошкограммы ферривинчита

X-ray powder diffraction data for ferriwinchite

6101/64п			JCPDS 20-1390			6101/64п			JCPDS 20-1390				
I	d _{изм.}	d _{выч.}	hkl	I	d	hkl	I	d _{изм.}	d _{выч.}	hkl	I	d	hkl
100	8.42		020	15	9.08	020	7	2.167	2.167	261	25	2.158	261
			110	90	8.40	110					15	2.118	441
				25	4.89	111					10	2.091	440
				5	4.72	200					15	2.056	202
5	4.507		040	70	4.48	021	5	2.024	2.023	251			
4	4.203	4.207	220								20	2.017	402
				5	4.05	201					10	1.989	401
				5	4.01	111					10	1.879	461
				15	3.87	131					10	1.874	
				5	3.65	221					5	1.848	172
10	3.391	3.397	131	70	3.40	131					5	1.806	0100
13	3.268	3.270	240	20	3.25	240					15	1.729	172
60	3.116	3.124	310	50	3.12	201					5	1.683	532
7	2.959	2.957	221	40	2.976	221					5	1.675	462
				5	2.933	151	5	1.656	1.654	461	20	1.646	481
10	2.800	2.804	330	10	2.785	330					15	1.629	333
20	2.711	2.712	151	100	2.699	151					15	1.606	352
				30	2.575	241					15	1.577	552
				90	2.528	202					5	1.542	422
				25	2.472	022					10	1.510	622
				5	2.375	400					5	1.489	481
				25	2.316	112					5	1.470	372
				20	2.278	312					5	1.445	0121
				20	2.255	080					15	1.426	533
				15	2.199	171					15	1.398	591
											10	1.369	173
											5	1.349	712

Параметры элементарной ячейки

a = 9.811(6), b = 18.014(6), c = 5.295(4)

a = 9.834, b = 18.062, c = 5.300

Химический состав минерала (среднее из анализа 5 зерен), мас. %: SiO₂ 54.90; TiO₂ 0.11; Al₂O₃ 1.11; FeO 15.91; MnO 0.76; MgO 14.17; CaO 5.10; Na₂O 5.18; K₂O 0.51; сумма 97.76. Состав определен на рентгеноспектральном микроанализаторе JCXA-733. Анализ производился при ускоряющем напряжении 20 кВ и токе зонда 1 нА с помощью энергодисперсионного спектрометра INCA 200. В качестве стандартов использовались следующие соединения: Si — синтетический SiO₂; Mg, Ca — диопсид; Al — дистен; Na — альбит; K — ортоклаз; Fe, Ti — ильменит; Mn — родонит (аналитик В. А. Муфтахов). Эмпирическая формула, соответствующая данному составу (расчет производился на основе 13 катионов): (Na_{0.21}K_{0.009})_{0.30}(Ca_{0.78}Na_{1.22})_{2.00}(Mg_{3.01}Mn_{0.09}Fe_{0.85}Ti_{0.01}Fe_{1.04})_{5.00}[(Si_{7.81}Al_{0.19})_{8.00}O₂₂](OH,F)₂.

Исследования методом мёссбауэровской спектроскопии показали следующее распределение ферро- и ферри-ионов по октаэдрическим позициям ферривинчита (ат. %): Fe²⁺(M₁) — 30.6, (M₃) — 10.8, (M₂) — 3.5; Fe³⁺(M₂) — 55.1. Изучение проводилось на спектрометре СМ2201 (источник излучения Со-57 в матрице из хрома) в режиме постоянного ускорения при температуре 300 К. Спектрометр был откалиброван по стандартному образцу нитропруссид натрия. Результаты измерений обрабатывали методом наименьших квадратов с помощью программы SPECTR, аналитик А. Б. Миронов.

В таблице приведены данные дифрактограммы образца 6101/64п и эталонного винчита 20-1390 из картотеки JCPDS. Анализ выполнен на дифрактометре ДРОН-2.0, Fe-анод, графитовый монохроматор, скорость движения счетчика 1 градус в минуту с кварцем в качестве внутреннего эталона. Параметры элементарной ячейки рассчитаны методом наименьших квадратов с использованием всех отражений.

Показатель согласованности данных о составе и физических параметрах 1-Кр/Кс этой пробы равен 0.020 (excellence).

Эталонный образец передан в Естественно-научный музей Ильменского заповедника УрО РАН, инвентарный номер 8987.

Авторы благодарят А. Г. Булаха, председателя КНМНМ РМО, E. A. J. Burke, Chairman and officers of the CNMMN IMA, за ценные замечания.

Работа выполнена при поддержке РФФИ, грант № 03-05-64582.

Список литературы

Баженов А. Г., Кутепова Л. А., Щербакова Е. П. К систематике амфиболов ильменогорского комплекса // Минералогические исследования эндогенных месторождений Урала. Свердловск: УрО РАН, 1982. С. 78—92.

Баженов А. Г., Миронов А. Б., Хворов П. В., Чурин Е. И. Ферроактинолит из щелочного комплекса Ильменских гор // Урал. геол. журнал. 1999. № 2(8). С. 57—64.

Баженов А. Г., Буторина А. В., Звонарева Г. К., Кринова Т. В., Миронов А. Б., Чурин Е. И., Хворов П. В. К истории винчита, новые данные о ферривинчите из щелочного комплекса Ильменских гор (Южный Урал) // Урал. минер. сб. № 13. Миасс: Имин УрО РАН, 2004 (в печати).

Номенклатура амфиболов: доклад подкомитета по амфиболам Комиссии по новым минералам и названиям минералов Международной минералогической ассоциации (КНМНМ ММА) // ЗВМО. 1997. № 6. С. 82—103.

Sokolova E. V., Hawthorne F. G., Gorbatova V. V., McCammon C., Schneider J. Ferrian winchite from Ilmen Mountains, Southern Ural, Russia, and some problems with the current scheme for amphibole nomenclature // *Canad. Miner.* 2001. Vol. 39. N 1. P. 171—177.

Поступила в редакцию
13 декабря 2004 г.