

НОВЫЕ МИНЕРАЛЫ

УДК 549.6
© 1993 г.

Д. чл. А. П. ХОМЯКОВ, Ю. П. МЕНЬШИКОВ, Р. К. РАСЦВЕТАЕВА,
Г. Н. НЕЧЕЛЮСТОВ

ЕРШОВИТ $Na_4K_3(Fe, Mn, Ti)_2Si_8O_{20}(OH)_4 \cdot 4H_2O$ — НОВЫЙ МИНЕРАЛ¹

A. P. KHOMYAKOV, YU. P. MENSNIKOV, R. K. RASTSVETAeva, G. N. NECHELJUSTOV
ERSHOVITE $Na_4K_3(Fe, Mn, Ti)_2Si_8O_{20}(OH)_4 \cdot 4H_2O$ — A NEW MINERAL

Новый гидросиликат щелочей, железа, марганца и титана обнаружен в пегматитах Хибинского щелочного массива (Кольский полуостров). Он назван ершовитом (ershovite) в память о Ершове Вадиме Викторовиче (1939—1989), профессоре Московского горного института, крупном специалисте в области прикладной геологии и горного дела. Первоначально минерал индивидуализирован по оптическим свойствам и рентгенограмме порошка в пегматитах горы Расвумчорр, где он встречается в виде единичных микрозерен (0.3—0.5 мм), рассеянных в агрегате термонатрита и накафита (Хомяков, 1980).² Объектом детального изучения послужила вторая находка минерала, сделанная А. П. Хомяковым и Ю. П. Меньшиковым в 1990 г. в пегматоидах горы Коашва, где ершовит встречается в относительно крупных скоплениях.

Пегматоидные породы вскрыты бурением на значительной глубине от поверхности и практически не затронуты процессами выветривания. В основном они состоят из калиевого полевого шпата, нефелина, содалита (гакманита), игольчатого и волокнистого эгирина, щелочного амфибола, в агрегате которых рассеяны виллиомит, натрит, расвумит, фосинаит, вуоннемит, Mg-астрофиллит, щербаковит, казаковит и коашвит. По набору перечисленных минералов эти породы следует рассматривать как пегматоидно-гидротермальные образования ультрааппаитового типа (Хомяков, 1990).

Ершовит образует в пегматоидной породе спорадическую вкрапленность удлиненных зерен от 0.1—1 × 2—3 до 3—5 × 10 мм, а также слагает параллельно-волокнистые агрегаты до 1—3 см. Внешне он весьма похож на Mg-астрофиллит и несколько напоминает поздний волокнистый эгирин, постоянно наблюдающийся в тесных сростаниях с ершовитом. Цвет минерала оливково-зеленый с коричневатым, буроватым и желтоватым оттенками. В макровыделениях просвечивает, в тонких сколах и под микроскопом прозрачный. Блеск стеклянный. Излом волокнистый. Волокна прямоугольной формы ограничены плоскостями совершенной спайности (100) и (010) и вытянуты вдоль оси *c*. Твердость 2—3

¹ Рассмотрено и рекомендовано к опубликованию Комиссией по новым минералам и названиям минералов Всесоюзного минералогического общества. 21 января 1991 г. Утверждено Комиссией по новым минералам и названиям минералов Международной минералогической ассоциации 26 июля 1991 г.

² Ассоциирующие минералы: натрит, виллиомит, стронцийапатит, расвумит, джерфишерит, сфалерит, молибденит, пектолит, щербаковит, лампрофиллит, содалит и эгирин.

Таблица 1

Результаты расчета рентгенограмм порошка ершовита
X-ray powder diffraction data calculated for erшовite

1		2		$d_{\text{выч}}$	hkl	1		$d_{\text{выч}}$	hkl
I	$d_{\text{эксп}}$	I	$d_{\text{эксп}}$			I	$d_{\text{эксп}}$		
10	11.58	100	11.57	11.571	010	1	1.883	1.882	$\bar{2}32$
1	10.20	8	10.14	10.147	100	< 1	1.788	1.784	342
3	7.95	13	7.87	7.885	$\bar{1}10$			1.723	232
3	7.37	16	7.40	7.397	110	1	1.721	1.720	4 $\bar{1}2$
4	5.78	13	5.78	5.785	020	8	1.652	1.653	070
4	5.17	16	5.18	5.171	$\bar{1}20$	2	1.619	1.619	271
		4	5.05	5.085	001	3	1.531	1.531	023
				5.071	200			1.451	271
< 1	4.84	5	4.81	4.809	$\bar{1}01$	бш	1.452	1.450	700
				4.395	1 $\bar{1}1$			1.429	233
3	4.39	12	4.38	4.373	02 $\bar{1}$	< 1	1.429	1.428	720
				4.161	$\bar{1}11$			1.409	650
1	4.15	8	4.14	4.116	12 $\bar{1}$	4	1.407	1.406	523
		4	3.944	3.943	220	1	1.369	1.368	280
4	3.94	8	3.863	3.857	030	1	1.356	1.356	4 $\bar{1}3$
		7	3.792	3.814	21 $\bar{1}$	1	1.335	1.335	173
				3.773	111	2	1.304	1.304	034
3	3.706	7	3.708	3.698	220	3	1.272	1.271	004
3	3.536	12	3.534	3.531	130			1.268	800
		10	3.517	3.522	211	1	1.258	1.258	333
		11	3.427	3.426	22 $\bar{1}$	< 1	1.233	1.233	660
5	3.410	19	3.386	3.387	$\bar{1}21$	< 1	1.221	1.221	623
				3.382	300	2р	1.196	1.196	204, 392, 444
1	3.304	3	3.307	3.304	310	2	1.166	1.166	841
4	3.186	14	3.200	3.192	310	1	1.148	1.148	391
2р	3.061	10	3.083	3.077	211	< 1	1.118	1.118	443, 490, 334
10	2.990	21	3.006	3.006	320, 301	< 1	1.107	1.107	751
		28	2.992	2.979	230	1	1.098	1.098	613
		10	2.897	2.893	040	1	1.088	1.088	604, 823
2	2.880	5	2.856	2.852	311	1	1.077	1.077	472
		8	2.844	2.841	320	1	1.069	1.070	2.10.1, 663
3	2.760	15	2.766	2.770	031	1	1.063	1.068	672
		11	2.753	2.765	32 $\bar{1}$	1	1.063	1.063	073, 931, 591
				2.757	$\bar{1}31$	1	1.056	1.056	932, 4.10.2
8	2.709	22	2.716	2.710	141	2	1.045	1.046	2.11.2
7	2.608	26	2.598	2.595	131			1.045	025
1	2.531	3	2.541	2.542	002	< 1	1.034	1.034	574, 932
				2.537	400	1	1.024	1.024	205, 853

по шкале Мооса. Плотность, измеренная микрометодом, 2.75 (2) г/см³, вычисленная — 2.73 г/см³. Оптически двуосный, положительный. Показатели преломления определены иммерсионным методом: $N_p = 1.569$, $N_m = 1.574$, $N_g = 1.590 (\pm 0.002)$. Угол $2V$, измеренный на Федоровском столике, 58 (2)°, вычисленный 59°. Средняя дисперсия $r > v$. Удлинение волокон положительное, углы наклона волокон к осям N_p , N_m и N_g равны соответственно 86, 73 и 17°. Сильно плеохроирует: N_g — темный оливково-зеленый, N_m и N_p — светло-зеленый или желтоватый,

Таблица 1 (продолжение)

1		2		$d_{\text{выч}}$	hkl	1		$d_{\text{выч}}$	hkl
I	$d_{\text{эксп}}$	I	$d_{\text{эксп}}$			I	$d_{\text{эксп}}$		
6	2.459	14	2.455	{ 2.466 2.454	{ 330 241	1	1.016	1.016	054
1	2.381	4	2.388	{ 2.385 2.380	{ 132 420	1 3	1.009 0.9943	1.009 0.9942	165, $\bar{1}0.2.1$ 283
2	2.322	8	2.321	{ 2.327 2.319	{ 05 $\bar{1}$ 231	1 1	0.9916 0.9844	0.9916 0.9844	$\bar{1}0.3.1$ 0.11.1
2	2.279	{ 6 5	{ 2.291 2.274	{ 2.290 2.280 2.270	{ 041 331 420				
1	2.167	12	2.161	{ 2.167 2.161	{ 142 202				
6	2.160								
3	2.043	4	2.030	{ 2.043 2.029	{ 332 500, 331				
5	1.970	4	1.973	{ 1.971 1.928	{ 440 060				
2	1.917	5	1.916	{ 1.917 1.917	{ 160 160				

Примечание. 1 — дебаеграмма, камера РКД-57.3 мм, $\text{Fe}_{\text{K}\alpha, \beta}$ -излучение, р — размытая, ш — широкая линия; 2 — дифрактограмма, $\text{Cu}_{\text{K}\alpha}$ -излучение, SiO_2 монохроматор, внутренний стандарт — Ge. Индексы hkl прокорректированы по массиву отражений, полученному на монокристалльном автодифрактометре Эфраф-Нониус.

схема абсорбции $Ng > Nm \gg Np$. В ультрафиолетовых лучах не люминесцирует. ИК-спектр содержит следующие максимумы поглощения: 455, 505, 630, 670, 885, 960, 1015, 1055, 1660 и 3380 cm^{-1} . При комнатной температуре ершовит легко разлагается слабыми растворами HCl , HNO_3 и H_2SO_4 с сохранением кремневого остова. Судя по оптическим свойствам и рентгенограммам порошка, минерал не испытывает заметных изменений при нагревании до 300 °С. Зерна, прогретые при 500 °С, оптически изотропны и рентгеноаморфны.

Рентгенографическое исследование минерала выполнено Ю. П. Меньшиковым, рентгеноструктурное — Р. К. Расцветаевой и соавторами. С помощью монокристалльного автодифрактометра Эфраф-Нониус установлена принадлежность минерала к триклинной сингонии: пространственная группа $P\bar{1}$, $a = 10.244$ (2), $b = 11.924$ (3), $c = 5.276$ (3) Å, $\alpha = 103.491$ (2), $\beta = 96.960$ (3), $\gamma = 91.945$ (3)°, $V = 620.8$ Å³ $Z = 1$. Рентгенограммы порошка минерала, полученные при разных условиях съемки (табл. 1), хорошо индицируются на основе найденной ячейки. Наиболее интенсивные линии: на дебаеграмме — 11.58(10)(100), 2.990(10)(320, 301, 230), 2.709(8)(141), 2.608(7)(131), 2.459(6)(241), 2.160(6)(202), на дифрактограмме — 11.57(100)(010), 3.386(19)(121, 300), 3.006(21)(320, 301), 2.992(28)(230), 2.716(22)(141), 2.598(26)(131).

Химический состав минерала исследован Г. Н. Нечелюстовым на рентгеновском микроанализаторе Superprobe-733 в автоматическом режиме по программе FZAF0, учитывающей ZAF-коррекцию, поправки на ток зонда и мертвое время счетчика. Условия анализа: 20 кВ, 15—20 нА, продолжительность счета 20 с. В связи с нестабильностью минерала под зондом съемка производилась широким пучком (10—15 мкм) при непрерывном перемещении препарата. Анализировался состав трех зерен с использованием следующих стандартов: чкаловит (Na), микроклин (K, Si), диопсид (Ca, Mg, Si), родонит (Mn), альмандин (Fe), анатаз (Ti). Фтор, алюминий и прочие элементы с атомными номерами больше 8 не

Таблица 2

Химический состав (мас.%) ершовита
Chemical composition of erшовite (wt%)

Компонент	Содержание	Si = 8	Компонент	Содержание	Si = 8
Na ₂ O	12.4	4.08	FeO	6.1	0.87
K ₂ O	13.6	2.95	TiO ₂	3.0	0.38
CaO	0.1	0.02	SiO ₂	47.1	8.00
MgO	0.5	0.13	H ₂ O	12.5	14.16
MnO	4.7	0.68	Сумма	100.0	

Примечание. Среднее из анализов трех зерен.

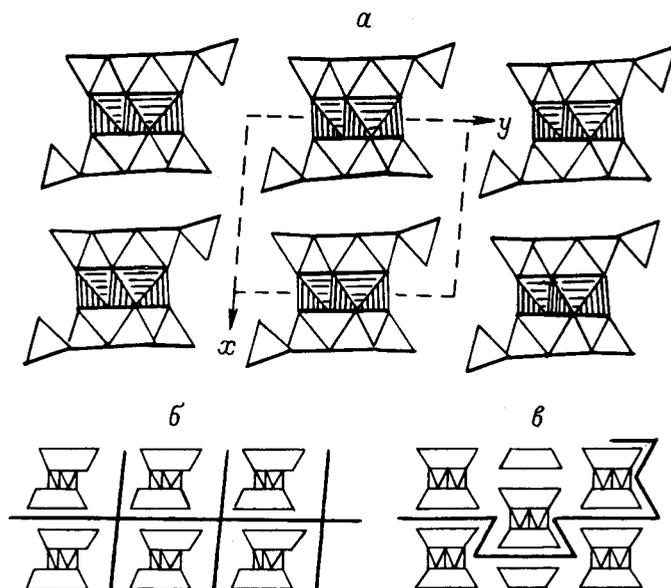
обнаружены (порог обнаружения F и Al — 0.2 и 0.05 мас.% соответственно). Содержание воды (12.5%) рассчитано по разности к 100%.

Результаты анализа (табл. 2) пересчитываются при Si = 8 на эмпирическую формулу Na_{4.08}K_{2.95}(Fe_{0.87}²⁺Mn_{0.68}Ti_{0.38}Mg_{0.13}Ca_{0.02})_{Σ2.08}Si₈O_{19.98}(OH)_{4.04}·5.06H₂O или в упрощенном виде Na₄K₃(Fe²⁺, Mn, Ti)₂Si₈O₂₀(OH)₄·5H₂O, где Fe²⁺ > Mn > Ti. Закисная форма железа принята условно. Включение в формулу четырех OH-групп основано на результатах рентгеноструктурного анализа. Согласно полученным результатам (Расцветаева и др., 1991), структурная формула ершовита может быть представлена в виде Na₄K₃M₂[Si₈O₂₀(OH)₂](OH)₂·4H₂O, где M = Fe²⁺, Mn, Ti, а квадратными скобками выделен кремнекислородный радикал ленточного типа, аналогичный амфиболовым лентам.

Как и в амфиболах, в структуре ершовита Si-ленты вытянуты вдоль оси *c* и параллельны плоскости (100). Они попарно объединяются M-октаэдрами, образуя трехслойные «брусья», однако из пяти позиций, занятых в амфиболах «цветными» M-катионами, в данной структуре сохраняются лишь две, и многорядная лента из M-октаэдров редуцируется в одинарную цепочку. В остальных октаэдрических позициях размещаются атомы Na. Трансляционно идентичные вдоль оси *a* «брусья» объединяются крупными полиэдрами K, формирующими слои, параллельные (100). Вдоль оси *b* «брусья» соединяются водородными связями молекул воды, сосредоточенных в слоях, параллельных (010).

Таким образом, при наличии в сравниваемых силикатах общих структурных фрагментов ершовит весьма существенно отличается от амфиболов как по составу, так и по строению. Это касается прежде всего присутствия в новом минерале молекулярной воды, преобладания в его составе натрия и калия над «цветными» катионами, совершенно иного способа укладки «брусьев» из попарно сочлененных амфиболовых лент (см. рисунок). Перечисленные конституционные различия хорошо коррелируют с различиями в физических свойствах минералов, объясняя, в частности, низкую твердость ершовита (2—3 против 5—6 в амфиболах), его способность легко разлагаться кислотами при комнатной температуре в противоположность известной кислотостойкости амфиболов, наличие у изученного минерала совершенной спайности по плоскостям (100) и (010), пересекающимся под углом около 90°, тогда как плоскости спайности в амфиболах отвечают призме (110) и пересекаются между собой под углом около 120°.

Ершовит — гидротермальный минерал, кристаллизующийся на заключительных стадиях формирования ультраагпаитовых пегматитов из пересыщенных щелочными и летучими компонентами остаточных силикатно-солевых жидкостей. Его открытие указывает на возможность синтеза силикатов ленточной структуры в экстремально щелочной обстановке, что весьма актуально в связи с широким



Структура ершовита в проекции на (001) (а), схема укладки «брусьев» в структуре ершовита (б) и амфиболах (в). Направление спайности показано линиями между «брусьями».
 Ershovite structure in projection on (001) plane (a), scheme of stacking of the «bars» within structure of erшовite (b) and amphibole (c). Cleavage direction is shown by lines between «bars».

применением волокнистых материалов (в частности, амфиболовых асбестов) в различных областях современной техники.

Эталонные образцы ершовита сданы на хранение в Минералогический музей им. А. Е. Ферсмана РАН, Москва и Геологический музей Кольского научного центра АН СССР, Апатиты.

Список литературы

- Расцветаева Р. К., Рехлова О. Ю., Хомяков А. П. Кристаллическая структура нового природного Na,K,Fe-силиката // Кристаллография. 1991. Т. 36. № 4. С. 892—897.
 Хомяков А. П. Минералогия ультрааптитовых щелочных пород М.: Наука, 1990. 200 с.
 Хомяков А. П., Казакова М. Е., Пушаровский Д. Ю. Накафит (Na₂CaPO₄F) — новый минерал // ЗВМО. 1980. Вып. 4. С. 50—52.

Институт минералогии, геохимии и кристаллохимии редких элементов (ИМГРЭ), Москва
 Геологический институт Кольского научного центра РАН, Апатиты
 Институт кристаллографии РАН, Москва
 Всероссийский научно-исследовательский институт минерального сырья (ВИМС), Москва

Поступила в редакцию
 8 июня 1992 г.