

НОВЫЕ МИНЕРАЛЫ

УДК 549.6:546.33 + 546.431 + 546.711

© 1994 г.

В. В. КАЛИНИН, д. чл. Д. Ю. ПУЩАРОВСКИЙ, Н. А. ЯМНОВА,
д. чл. Ю. П. ДИКОВ, С. Е. БОРИСОВСКИЙ

СТРАХОВИТ $\text{NaBa}_3(\text{Mn}^{2+}, \text{Mn}^{3+})_4\text{Si}_6\text{O}_{19}(\text{OH})_3$ —
НОВЫЙ НАТРИЙСОДЕРЖАЩИЙ СИЛИКАТ БАРИЯ И МАРГАНЦА ¹

V. V. KALININ, D. Yu. PUSHCHAROVSKY, N. A. YAMNOVA, Yu. P. DIKOV,
S. E. BORISOVSKY. STRAKHOVITE $\text{NaBa}_3(\text{Mn}^{2+}, \text{Mn}^{3+})_4\text{Si}_6\text{O}_{19}(\text{OH})_3$ — A NEW Na-
BEARING SILICATE OF Ba AND Mn

Новый минерал выявлен на марганцевом месторождении Ир-Ними, Дальний Восток. Месторождение на северо-западном склоне Тайканского хребта, расчлененного глубокими врезами правых притоков реки Уды. Месторождение объединяет 10 рудных участков, новый минерал встречен на двух из них — Джаводи и Заоблачном.

Район месторождения сложен вулканогенно-осадочными образованиями раннего и среднего кембрия. Резко преобладающими являются кремнистые породы, главным образом яшмы, заключающие в себе небольшие по мощности пачки кремнистых и глинисто-кремнистых сланцев, линзо- и пластообразные тела известняков и эффузивов, а в верхней части толщи наблюдаются песчаники, алевролиты и осадочные брекчии. В нижней части яшмовой толщи на разных стратиграфических уровнях согласно залегают пластовые и линзообразные рудные тела длиной от десятков до первых сотен метров и мощностью 3—5 м, редко — 15—20 м. Мощности тел, как правило, непостоянны и изменяются на коротком расстоянии. Эти рудные тела сложены исключительно марганцевыми рудами оксидного или карбонатно-силикатного состава. И лишь на одном участке — Гематитовом — наблюдаются также железные руды. На нескольких участках месторождения, равно как и в близком соседстве с ними, обнажаются позднемеловые дайки базальтов повышенной щелочности.

Химическим и количественным спектральным анализами в базальтах установлено более 5% Na_2O и K_2O . Характерно резкое преобладание Na над K, а также наличие примесей (сотые доли процента Ba и Sr). В браунитовых рудах вблизи контакта с дайками и в зонах тектонических нарушений выявлены прожилки со щелочноземельной минерализацией. В этих прожилках был обнаружен новый натрийсодержащий силикат бария и марганца. Название этого минерала — страховит (Strakhovite) — дано в память об академике Н. М. Страхове (1900—1978 гг.), внесшем большой вклад в разработку теории рудообразования марганцевых месторождений.

¹ Рассмотрено и рекомендовано Комиссией по новым минералам и названиям минералов Всероссийского минералогического общества 14 апреля 1992 г. Утверждено Комиссией по новым минералам и названиям минералов Международной минералогической ассоциации 26 мая 1993 г.

Страховит образует зерна изометричной и слабо удлиненной формы. Иногда в ассоциации с другими минералами встречаются его кристаллы с хорошо выраженной огранкой, а также зерна с прямолинейными очертаниями со стороны миороловой пустотки, выполненной лучистыми агрегатами амфиболов. Размеры зерен 0.2—0.4 мм, редко — 0.7 мм. Цвет страховита со слабо зеленоватым оттенком, в тонких сколах темный оливково-зеленый, блеск минерала стеклянный до жирного, спайность несовершенная. Минерал хрупкий, обладает раковистым изломом. Черта, нанесенная победитовой иглой, и порошок, возникающий на плоскостях разреза образца алмазной пилой, зеленые. По данным испытания на приборе ПМТ-3, минерал имеет твердость 683—764 кгс/мм² при нагрузке 100 г, что соответствует 5—6 по шкале Мооса. Плотность, определенная Е. С. Анохиной микропикнометрическим методом, 3.86 ± 0.01 г/см³ и расчетная 3.84 г/см³.

В проходящем свете под микроскопом минерал прозрачный, проявляет сильный плеохроизм: по *Ng* — темный оливково-зеленый до коричневого, по *Nm* — зеленый и по *Np* — светло-зеленый. Некоторые зерна страховита имеют несовершенную спайность. Он двуосный, положительный. Показатели преломления, измеренные на эллипсомере (монокроматический свет, $\lambda = 578$ нм) в лаборатории физических методов исследования МГУ, имеют следующие значения: *Ng* = 1.871 (6), *Nm* (расч.) = 1.793, *Np* = 1.767 (6), *Ng-Np* = 0.104, $2V = 60-65^\circ$; дисперсия $r > V$, сильная; оптическая ориентировка: *Np* = *c*, *Nm* = *b* и *Ng* = *a*. В разрезах, перпендикулярных острой биссектрисе, проявляются хорошо выраженные лемнискаты интенсивно радужных цветов.

Страховит находится в тесном парагенезисе с поздними минералами: браунитом, тайканитом, намансилитом, пектолитом, марганцовистыми амфиболами и др.

Количественный рентгеноспектральный микроанализ в четырех зернах минерала (табл. 1) выполнен на микрозонде MS—46, фирма Сатеса в прозрачно-полированном шлифе. Образцы сравнения — химически проанализированные барит (Ba), спессартиб (Mn, Al, Si), диопсид (Mg, Ca), эгирин (Si, Fe), нефелин (K, Na, Al). Ускоряющее напряжение 20 кВ, ток поглощенных электронов 50 нА. Расчет поправок осуществлялся по программе ПУМА (Боронихин, Цепин, 1980). Спектральным анализом в новом минерале установлены также В, Sr (десятые доли процента), V, Ti, Al (сотые доли процента), Cu и Be (тысячные доли процента). По данным микрозондового анализа, можно говорить об однородности химического состава нового минерала.

Методом рентгеновской фотоэлектронной стереоскопии (спектрометр ЭС-2401, MgK_{α} — излучение, вакуум 10^{-9} тора, энергия анализатора 20 эВ, калибровка по линии 1s электронов углерода с $E_{св} = 285$ эВ) был исследован спектр 2р электронов Mn в страховите. В этом спектре представлена суперпозиция двух линий, одна из которых отвечает энергии связи 642.5, а другая — 644.1 эВ. При этом для низкоэнергетической линии отмечается многоэлектронная сателлитная структура типа Shake-up, характерная для Mn^{2+} . Иными словами, спектр 2р электронов Mn свидетельствует о наличии двухзарядовых состояний Mn^{2+} и Mn^{3+} (идентификация второго зарядового состояния однозначно производится по значениям $E_{св} = 644.1$ эВ, характерной для Mn^{3+}). Таким образом, оценивая соотношение площадей под соответствующими линиями, доли степеней окисления марганца в суммарном спектре следующие — Mn^{2+} : $Mn^{3+} = 11 : 8$.

Дебаеграмма страховита получена в камере РКД = 57.3 (λ_{Fe}). Выявленные дифракционные максимумы хорошо сопоставляются с пиками теоретического спектра, рассчитанного на основе структурных данных по программе Lazy Pulverix-PC, любезно переданной профессором К. Ивоном (табл. 2).

Структурные исследования проведены на изометричном монокристалле размерами 0.100 × 0.100 × 0.125 мм. Для этой цели было использовано 964

Таблица 1

Химический состав (мас.%) страховита
Chemical composition of strakhovite (% wt)

Компонент	Образец				Среднее
	1	2	3	4	
SiO ₂	29.15	29.50	31.12	30.35	30.03
Al ₂ O ₃	0.26	0.23	0.21	0.23	0.23
Fe ₂ O ₃	0.00	0.03	0.03	0.04	0.03
Mn ₂ O ₃	11.82	11.84	11.30	11.63	11.65
MnO	14.36	14.38	13.72	14.19	14.16
CaO	0.00	0.03	—	0.03	0.03
MgO	0.00	—	—	—	—
Na ₂ O	2.86	2.75	2.86	2.91	2.85
BaO	39.55	38.46	39.06	39.72	39.20
H ₂ O ⁺	2.40	2.40	2.40	2.40	2.40
H ₂ O ⁻	0.30	0.30	0.30	0.30	0.30
Сумма	100.70	99.92	101.00	101.80	100.88

Примечание. Суммарное весовое содержание воды (H₂O⁺ и H₂O⁻) определено по методу Пенфелда (отгонка при T > 1000 °C). Количество адсорбированной воды (H₂O⁻) определено при сушке минерала в термостате (T = 105 °C). Весовое содержание воды, входящей в структуру кристалла (H₂O⁺), найдено как разность между полученными величинами.

отражения, для которых получены значения R_{hkl} -фактора 6.5% в изотропном и 6.3% в анизотропном приближении.

Параметры элементарной ячейки минерала, определенные в камере РК ОП и по разверткам слоевых линий (камера Вайсенберга), уточнены при съемке трехмерного набора отражений в автодифрактометре PT Synthex λ MoK α : a 23.42 (1), b 12.266 (8), c 7.181 (5) Å, V = 2062.88 Å³. Пространственная группа *Pnma*.

Пересчет данных рентгеноспектрального анализа (табл. 1) на 6 (Si + Al) приводит к эмпирической формуле Na_{1.09}Ba_{3.04}Mn_{2.37}Mn_{1.75}³⁺(Si_{5.95}Al_{0.05})·O₁₉(OH)_{3.11}. Идеальная формула NaBa₃(Mn²⁺, Mn³⁺)₄Si₆O₁₉(OH)₃. Формула, полученная в результате структурной расшифровки, NaBa₃Mn_{2.3}Mn_{1.7}³⁺[Si₄O₁₀(OH)₂](Si₂O₇)O₂·(F, OH)·H₂O.

Характерной особенностью структуры минерала является присутствие двух не связанных между собой кремнекислородных комплексов — четверных колец [Si₄O₁₂] и диортогрупп [Si₂O₇]. Вместе с Mn-полиэдрами (октаэдрами и полуоктаэдрами) они формируют смешанный псевдокаркас, в котором баланс валентностей у концевых O-вершин достигается их одновременным участием в Ba- и Na-полиэдрах.

В процессе уточнения структуры выявилось отрицательное значение тепловой поправки ($B = -0.86 \text{ Å}^2$) для атома O₅, что позволило предположить вхождение в эту позицию анионов F или групп (OH). Дальнейшее уточнение тепловой поправки с использованием кривой атомного рассеяния фтора подтвердило это предположение. Невозможность определения «легких» элементов на микроанализаторе и отсутствие достаточных количеств нового минерала для других видов анализа не позволили подтвердить или исключить присутствие F в его составе. В приведенной формуле два атома кислорода заменены OH-группой и молекулой H₂O на основании расчета локального баланса валентностей. OH-группы расположены в концевых вершинах тетраэдра Si₄, участвующего в четвертом кольце. Кристаллизация страховита происходила из гидротермальных щелочных растворов, возникших при дифференциации базальтоидной магмы в позднем мезозое.

Эталонный образец страховита передан в Минералогический музей им. А. Е. Ферсмана Российской академии наук (Москва).

Таблица 2

Результаты расчета дебаеграммы страховита
Results of debyeogram calculation for strakhovite

$d_{\text{эксп}}$	$I_{\text{эксп}}$	$d_{\text{теор}}$	$I_{\text{теор}}$	hkl
7.000	3	6.866	4	1 0 1
6.200	1	6.197	Сл.	0 1 1
5.480	2	5.477	»	2 1 1
4.580	5	4.574	5	1 2 1
4.180	1	4.235	1	4 2 0
3.601	1	3.591	2	0 0 2
3.431	1	3.433	1	2 0 2
3.303	9	3.305	6	5 2 1
3.093	1	3.099	Сл.	0 2 2
2.999	10	2.999	10	2 2 2
2.805	1	2.800	1	1 4 1
2.715	5	2.717	2	4 4 0
2.655	10	2.652	7	3 4 1
2.439	1	2.436	1	7 3 1
2.271	1	2.272	1	9 2 1
2.218	3	2.220	1	1 2 3
2.156	4	2.156	1	7 4 1
2.115	1	2.128	1	8 2 2
2.011	2	2.013	1	6 1 3
1.943	1	1.947	2	7 0 3
1.909	1	1.907	Сл.	7 5 1
1.854	3	1.853	»	8 0 3
1.833	3	1.834	2	3 4 3
1.800	1	1.798	2	6 5 2
1.753	1	1.757	1	2 6 2
		1.750	Сл.	3 0 4
1.693	1	1.695	»	2 5 3
		1.693	1	9 2 3
1.668	1	1.673	1	14 0 0
		1.663	1	3 7 1
1.648	5	1.652	3	10 4 2
1.533	1	1.533	1	0 8 0
1.495	1	1.498	1	13 3 2
1.412	2	1.412	1	2 2 5
1.357	1	1.360	1	4 2 5
		1.355	1	0 3 5
1.329	2	1.330	1	11 7 1
1.311	1	1.311	Сл.	0 4 5
1.257	2	1.257	1	16 5 0
1.243	2	1.242	1	9 7 3
1.182	1	1.183	2	1 9 3
1.161	1	1.166	2	0 8 4
1.143	1	1.141	1	8 5 5
1.108	3	1.110	2	12 6 4
1.073	3	—	—	4 10 3

Список литературы

Боронихин В. А., Цепин А. И. Программа универсальная для расчета поправок и статистической обработки результатов текущих измерений при количественном рентгеноспектральном микроанализе «ЛУМа» // Аппаратура и методы рентгеноспектрального анализа, сб. СКБРА. Л., 1980. Вып. 23. С. 204—207.

Институт геологии рудных месторождений, петрографии,
минералогии и геохимии (ИГЕМ) РАН
Москва
Московский университет

Поступила в редакцию
5 марта 1994 г.