

Д. члены *Е. П. ЩЕРБАКОВА, Л. Ф. БАЖЕНОВА,*
Б. В. ЧЕСНОКОВ

ГОДОВИКОВИТ — $\text{NH}_4(\text{Al, Fe})(\text{SO}_4)_2$ НОВЫЙ АММОНИЙСОДЕРЖАЩИЙ СУЛЬФАТ¹

Новый минерал — безводный сульфат аммония, алюминия и железа — найден *Б. В. Чесноковым* в 1982 г. в терриконах угольных шахт г. Копейска (Челябинский угольный бассейн на Южном Урале) и первоначально определен им как основной сульфат алюминия. Минерал получил название годовиковит (*godovikovite*) в честь известного советского минералога, директора Минералогического музея им. А. Е. Ферсмана АН СССР (Москва), *Александра Александровича Годовикова*.

Годовиковит — один из основных минералов сульфатных кор, возникающих при сернокислотном разложении обломочного материала террико-

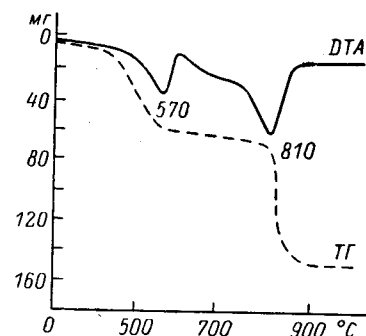
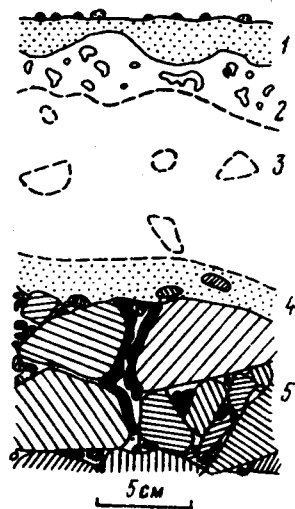


Рис. 1. Поперечный разрез сульфатной корки (по: *Б. В. Чесноков и др.*, 1985).
1 — квасцовая зона, 2 — алуногеновая зона с полостями, 3 — зона основных водных сульфатов,
4 — зона безводных сульфатов, 5 — «горельник» (черное — втеки сульфатов из зоны 4).

Рис. 2. Термограмма годовиковита (пр. 074-55). Дериватограф Паулик—Эрдеи, навеска 251 мг.

нов. Вместе с безводным сульфатом алюминия и железа $(\text{Al, Fe})_2(\text{SO}_4)_3$ он составляет нижние, наиболее горячие, части таких кор. Мощность зоны безводных сульфатов до 5 см, площадь распространения до 1 м², редко более. В верхних частях кор годовиковит гидратируется до чермигита $\text{NH}_4\text{Al}(\text{SO}_4)_2 \cdot 12\text{H}_2\text{O}$ (рис. 1).

Агрегаты годовиковита обычно плотные или ноздреватые, мелоподобные. Гидратация сопровождается разрыхлением материала. Цвет белый, блеск матовый. Излом агрегатов неровный. Твердость по Моосу ~2. Плотность 2.53 г/см³ (определено уравниванием в растворе бромформа со спиртом). Медленно растворяется в воде, дает положительную реакцию на SO_4^{2-} с хлоридом бария (белый осадок). При кипячении с щелочью выделяется аммиак и выпадает бурый осадок гидроокиси железа. При нагревании в закрытой трубке порошок минерала становится буровато- или красновато-желтым, выделяется аммиак.

¹ Рассмотрено и рекомендовано к опубликованию Комиссией по новым минералам и названиям минералов Всесоюзного минералогического общества 18 марта 1987 г. Утверждено Комиссией по новым минералам и названиям минералов Международной минералогической ассоциации 28 июля 1987 г.

Химический анализ годовиковита

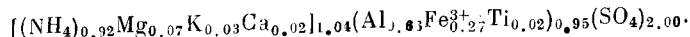
Компонент	Мас. %	Мас. % в пере- счете	Количество катионов на 8 атомов кислорода	Компонент	Мас. %	Мас. % в пере- счете	Количество катионов на 8 атомов кислорода
SO ₃	57.02	64.93	2.00	Na ₂ O	<0.05	—	—
TiO ₂	0.66	0.75	0.02	K ₂ O	0.52	0.59	0.03
Fe ₂ O ₃	7.70	8.77	0.27	(NH ₄) ₂ O	8.50	9.68	0.92
Al ₂ O ₃	11.98	13.64	0.66	Н. о.	12.49	—	—
CaO	0.40	0.45	0.02				
MgO	1.00	1.14	0.07				
MnO	0.04	0.05	—				
				С у м м а	100.31	100.00	

Примечание. $a = \frac{32481}{8} = 4060.125$, Н. о. — нерастворимый остаток. Пр. 074-55, террикон шахты 205, Копейск.

В иммерсии под микроскопом имеет вид очень мелких частичек-«ворсинок» размерами 0.001—0.015 мм. Бесцветный. Одноосный, положительный. $N_g = 1.581 \pm 0.002$, $N_p = 1.572 \pm 0.002$.

Определение сульфатной серы проводилось гравиметрическим методом с хлористым барием, Al и Fe³⁺ — комплексометрическим методом, сумма аммония и калия — в виде хлорплатинатов, калий — из отдельной навески методом пламенной фотометрии.

Химический анализ (табл. 1) выполнен Л. Ф. Баженовой в лаборатории Ильменского заповедника. Для пересчета на формулу из общей суммы вычиталось содержание нерастворимого остатка. Нерастворимый остаток представлен преимущественно тонкодисперсным кварцем, являющимся наряду с безводными сульфатами петрогенных элементов основным продуктом сернокислотного разложения горелых пород (Сребродольский, 1974). Эмпирическая формула годовиковита



Примеси Ca и Mg связаны с механическими включениями безводных сульфатов кальция и магния. Идеализированная формула — NH₄(Al,Fe)(SO₄)₂.

Термический анализ (рис. 2) годовиковита выполнен Т. С. Корниловой в лаборатории Ильменского заповедника. На кривой ДТА зафиксированы два эндотермических пика — при 570 и 810 °С. Первый из них соответствует распаду минерала на простые сульфаты составляющих катионов и разложению (NH₄)₂SO₄. Второй связан с десульфатизацией Al₂(SO₄)₃ и Fe₂(SO₄)₃. По соответствующим первому пику потерям веса можно рассчитать содержание (NH₄)₂O. В данном случае оно составляет 9.1 % (по данным химического анализа для той же пробы 9.68 %, табл. 1). Потери веса, рассчитанные для реальных составов, всегда ниже теоретических за счет изоморфного замещения NH₄⁺ → K⁺, а также за счет механических примесей термически инертных сульфатов магния и кальция.

Порошкограмма годовиковита (табл. 2) хорошо соответствует синтетическому NH₄Al(SO₄)₂ с учетом увеличения d/n за счет замещения Al → Fe³⁺ (ASTM, N 23-1). По аналогии с синтетическим соединением приписываем годовиковиту гексагональную сингонию и пространственную группу *P* 321. Параметры элементарной ячейки (Å): $a_0 = 4.75 \pm 0.01$, $c_0 = 8.30 \pm 0.01$. $V = 162.1 \text{ Å}^3$, $Z = 1$, $\rho_{\text{выч}} = 2.52 \text{ г/см}^3$.

Ранее упоминалось о находке NH₄Al(SO₄)₂ вместе с доунейитом SeO₂, селеном, серой и масканьитом (NH₄)₂SO₄ в жерлах газовых струй в отвалах антрацита каменноугольного бассейна Пенсильвании (Finkelman, Mrose, 1977; Кудряшова, 1980). Однако тогда минерал, по-видимому, не был изучен и не получил собственного названия. Железистый его ана-

Таблица 2

Результаты расчета дебаграмм годовиковита и синтетического
 $\text{NH}_4\text{Al}(\text{SO}_4)_2$

Годовиковит, пр. 074-55			$\text{NH}_4\text{Al}(\text{SO}_4)_2$ (ASTM, № 23-1)		
I	$d_{\text{эксп}}$	$d_{\text{выч}}$	I	$d_{\text{эксп}}$	hkl
9	8.30	8.2998	60	8.28	001
1	4.14	4.1499	1	4.14	002
10	3.69	3.6858	100	3.678	101
9	2.921	2.9219	30	2.915	102
7	2.764	2.7666	9	2.759	003
8	2.374	2.3749	15	2.368	110
		2.2957	2	2.291	103
6	2.280	2.2833	3	2.277	111
		2.0749	2	2.071	004
5	2.060	2.0613	3	2.056	112
		2.0568	2	2.051	200
2	1.998	1.9964	3	1.991	201
7	1.848	1.8526	7	1.849	104
		1.8428	8	1.839	202
1	1.803	1.8020	1	1.798	113
2	1.653	1.6599	1	1.656	005
		1.6506	3	1.647	203
2	1.563	1.5625	2	1.559	114
		1.5548	1	1.550	210
5	1.532	1.5393	2	1.536	105
		1.5282	7	1.524	211
5	1.459	1.4607	4	1.457	204
		1.4559	5	1.452	212
		1.3833	1	1.380	006
4	1.372	1.3712	6	1.367	300
5	1.359	1.3605	5	1.357	115
		1.3528	2	1.349	301
2	1.311	1.3111	1	1.308	106
		1.2442	3	1.241	214
		1.2285	1	1.225	303
		1.1953	1	1.192	116
		1.1874	2	1.184	220
		1.1478	2	1.145	206
		1.1393	1	1.137	107
		1.1302	3	1.127	311
		1.1000	2	1.097	312
		1.0608	1	1.058	117
		1.0571	1	1.0545	305
		1.0547	1	1.0519	313
		1.0334	1	1.0310	216

Примечание. Условия съемки: дифрактометр ДРОН-2, $\text{CuK}\alpha$, аналитик Н. И. Кашигина (Ильменский заповедник).

лог — $\text{NH}_4\text{Fe}^{3+}(\text{SO}_4)_2$ — описан в Южной Африке как продукт изменения пирита под названием «сабиент» (Dunn e. a., 1986). Свойства годовиковита, сабиента, а также синтетических $\text{NH}_4\text{Al}(\text{SO}_4)_2$ и $\text{NH}_4\text{Fe}^{3+}(\text{SO}_4)_2$ приведены в табл. 3.

Эталонные образцы годовиковита переданы в Минералогический музей им. А. Е. Ферсмана АН СССР (Москва).

Авторы выражают благодарность сотрудникам лаборатории Ильменского заповедника Н. И. Кашигиной и Т. С. Корниловой за помощь в проведении анализов.

Таблица 3

Свойства годовиковита (1), синтетических $\text{NH}_4\text{Al}(\text{SO}_4)_2$ (2), $\text{NH}_4\text{Fe}(\text{SO}_4)_2$ (3) и сабиента (4)

Характеристика	Годовиковит	$\text{NH}_4\text{Al}(\text{SO}_4)_2$ (ASTM, № 23-1)	$\text{NH}_4\text{Fe}(\text{SO}_4)_2$ (ASTM, № 3-0035)	Сабиеит (Dunn e. a., 1986)
Формула	$\text{NH}_4(\text{Al}, \text{Fe})(\text{SO}_4)_2$	$\text{NH}_4\text{Al}(\text{SO}_4)_2$	$\text{NH}_4\text{Fe}^{3+}(\text{SO}_4)_2$	$\text{NH}_4\text{Fe}^{3+}(\text{SO}_4)_2$
Сингония	Гексагональная	Гексагональная	Гексагональная	Гексагональная
Пространственная группа	<i>P</i> 321	<i>P</i> 321	<i>P</i> 321	<i>P</i> 321
a_0 (Å)	4.75	4.7373	4.82*	4.822
c_0 (Å)	8.30	8.2814	8.4*	8.1696
v (Å ³)	162.1	160.95 *	169.00*	—
Z	1	1	1	1
$\rho_{\text{выч}}$ (г/см ³)	2.52	2.446	2.612*	—
$\rho_{\text{вксл}}$ (г/см ³)	2.53	—	—	—
Наиболее интенсивные линии порошкограммы (d, I, hkl)	8.30 (9) (001) 3.69 (10) (101) 2.921 (9) (102) 2.764 (7) (003) 2.374 (8) (110) 2.280 (6) (111) 1.848 (7) (202) 1.372 (4) (300)	8.28 (60) (001) 3.678 (100) (101) 2.915 (30) (102) 2.759 (9) (003) 2.368 (15) (110) 2.277 (3) (111) 1.839 (8) (202) 1.367 (6) (300)	8.30 (100) (001) 3.74 (40) (101) 2.95 (5) (102) — 2.41 (50) (110) 2.32 (1) (111) 1.87 (5) (202) 1.39 (13) (300)	8.19 (100) (001) 3.72 (20) (101) — — 2.409 (30) (110) — — 1.392 (20) (300)

Примечание. Константы, отмеченные звездочкой (*), вычислены нами.

Литература

- Кудряшова В. И. Новые минералы. XXXIII. — ЗВМО, 1970, вып. 1, с. 81.
 Сребродольский Б. И. О сернокислотном разложении угленосных пород на самовозгорающихся терриконах Донбасса. — Литол. и полез. ископ., 1974, № 6, с. 137—139.
 Чесноков Б. В., Михаль Т. А., Дерябина Т. Н. Типы техногенной минерализации отвалов Челябинского угольного бассейна. — В кн.: Минералы месторождений Южного и Среднего Урала. Свердловск: УНЦ АН СССР, 1985, с. 47—58.
 ASTM. Diffraction data cards and alphabetical and grouped numerical index of X-ray diffraction data. Philadelphia, 1946—1969.
 Dunn P. J., Chao G. G., Filzpatrick J. J., Langley R. H., Fleischer M., Zilzer J. A. New mineral names. — Amer. Miner., 1986, vol. 71, N 1—2, p. 227—232.
 Finkelman R. B., Mrose M. E. Downeyite, the first verified natural occurrence of SeO_2 . — Amer. Miner., 1977, vol. 62, N 3—4, p. 316—320.

Ильменский заповедник УНЦ АН СССР,
Миасс.

Поступила в редакцию
27 августа 1987 г.