

УДК 546.791 : 549

Д. члены М. А. АЛЕКСЕЕВА, А. А. ЧЕРНИКОВ,  
Д. П. ШАШКИН, Е. А. КОНЬКОВА и И. Н. ГАВРИЛОВА

СТРЕЛКИНИТ — НОВЫЙ УРАНИЛВАНАДАТ<sup>1</sup>

Стрелкинит впервые обнаружен в 1965 г. в одном из пустынных районов СССР в углисто-кремнистых сланцах палеозоя. В последующие годы этот минерал неоднократно был встречен в других районах аридной зоны СССР в девонских эффузивах.

Стрелкинит образует тонкие порошковатые налеты по трещинам во вмещающих породах, где находится в тесной ассоциации с гидроокислами железа, глинистыми минералами, кварцем и кальцитом. Иногда встречаются веерообразные скопления мелких пластинок. Форма пластинок близка

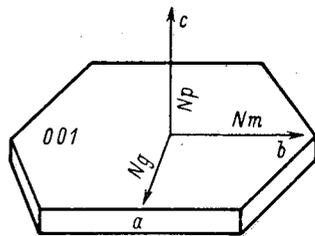


Рис. 1. Кристаллографическая и оптическая ориентировка кристаллов стрелкинита.

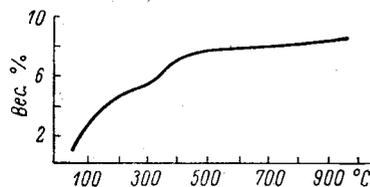


Рис. 2. Кривая потери веса при прокаливании стрелкинита.

к изометрической, реже удлиненная, размер их по удлинению не превышает 1.5 мм. Цвет минерала золотисто-желтый и канареечно-желтый. Блеск шелковистый до перламутрового. Спайность совершенная  $\perp$  {001}. Удельный вес колеблется от 3.7 до 3.91. Твердость 2—2.5. Стрелкинит двуосный, отрицательный,  $-2V$  средний; плеохроизм на базальных разрезах слабый, от светло-желтого по  $Ng$  до желтого по  $Nm$ .  $Ng=1.915-1.880$ ;  $Nm=1.907-1.855$ ;  $Np=1.770-1.674$ . (Разрез конусокопически не контролировался).  $Ng-Np=0.143$  (оптические константы измерены для обр. 3 табл. 1).

Ориентировка кристаллографических и оптических осей в кристалле показана на рис. 1. Следует иметь в виду, что  $c_0$  имеет псевдопериод, равный  $c_0/4$ .

В разбавленных кислотах стрелкинит растворяется на холоду. От смачивания концентрированной соляной кислотой приобретает кирпично-красную окраску (реакция на ванадий). рН суспензии минерала 7.2.

<sup>1</sup> Рассмотрено и рекомендовано к опубликованию Комиссией по новым минералам и названиям минералов Всесоюзного минералогического общества 23 октября 1973 г. Утверждено Комиссией по новым минералам и названиям минералов Международной минералогической ассоциации 28 января 1974 г.

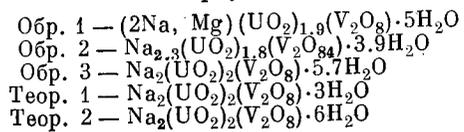
Т а б л и ц а 1

## Химический состав стрелкинита

Компоненты	Обр. 1				Обр. 2				Обр. 3				Теоретический состав (в вес.%)	
	вес.%	молекулярные количества	отношения	примеси	вес.%	молекулярные количества	отношения	примеси	вес.%	молекулярные количества	отношения	примеси	1	2
Na <sub>2</sub> O . . . . .	3.25	0.0524	1.03	—	8.35	0.134	1.14	—	6.20	0.100	1.00	—	7.13	6.71
K <sub>2</sub> O . . . . .	Не обн.	—		—	Не обн.	—	—	—	0.20	0.002	0.02	Гидрослюда		
MgO . . . . .	1.55	0.0387	0.12	Кальцит	0.40	0.007	0.06	Кальцит	1.44	0.026	0.26	Кальцит	20.92	19.70
CaO . . . . .	0.55	0.0100			—	Не обн.	—		—	—	Не обн.			
PbO . . . . .	Не опр.	—	—	—	Не опр.	—	—	—	Не обн.	—	—	Кварц+ гидрослюда	65.75	61.90
TiO <sub>2</sub> . . . . .	Сл.	—	—	Кварц+ каолинит	» »	—	—	—	Не опр.	—	—			
SiO <sub>2</sub> . . . . .	8.55	—	—	—	» »	—	—	—	4.40	0.073	0.73	Кварц+ гидрослюда	6.20	11.69
Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub> . . . . .	9.13	—	—	Лимонит	» »	—	—	—	Не обн.	—	—			
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> . . . . .	5.61	—	—	Каолинит	» »	—	—	—	0.22	0.002	0.02	—	65.75	61.90
V <sub>2</sub> O <sub>5</sub> . . . . .	16.03	0.0880	1.00	—	21.30	0.117	1.00	—	18.50	0.100	1.00			
UO <sub>2</sub> . . . . .	Не опр.	—	—	—	Не опр.	—	—	—	Не обн.	—	—	—	65.75	61.90
UO <sub>3</sub> . . . . .	46.93	0.1640	1.86	—	61.48	0.215	1.84	—	56.95	0.199	2.00			
H <sub>2</sub> O <sup>+</sup> . . . . .	7.91	0.4400	5.00	—	8.12	0.451	3.85	—	10.27	0.570	5.70	—	6.20	11.69
H <sub>2</sub> O <sup>-</sup> . . . . .	Не опр.	—	—	—	Не обн.	—	—	—	Не обн.	—	—			
SO <sub>3</sub> . . . . .	» »	—	—	—	Не опр.	—	—	—	» »	—	—	—	6.20	11.69
П. п. п. . . . .	» »	—	—	—	» »	—	—	—	12.50	—	—			
Сумма . . . . .	99.51				99.65				100.41					

Примечание. Обр. 1 — из коллекции М. А. Алексеевой, аналитик Л. Г. Полупанова; обр. 2 — из коллекции Е. А. Коньковой, аналитик Е. Я. Слезкова; обр. 3 — из коллекции А. А. Черникова и И. Н. Гавриловой, аналитик Н. Н. Кузнецова. В п. п. п. входят H<sub>2</sub>O<sup>+</sup>, CO<sub>2</sub>, равное 1.15%, а также уменьшение веса на 1.08% из-за частичного восстановления U<sup>6+</sup> до U<sup>4+</sup> и V<sup>5+</sup> до V<sup>4+</sup>; из суммы исключено 10.27% H<sub>2</sub>O<sup>+</sup>, которое входит в п. п. п.

## Формулы



В УФ свете люминесцирует слабо грязновато-зеленым (табачным) цветом.

Химический состав стрелкинита определен по трем образцам из навесок по 100 мг (табл. 1). В обр. 1 порошкового стрелкинита присутствовали механические примеси лимонита, кварца, кальцита и глинистых минералов, которые обусловили наличие в анализе железа, кремния, кальция и алюминия. Магний, возможно, входит в состав стрелкинита, так как в исследованном образце не установлено магнийсодержащих минералов, хотя не исключено присутствие наряду с каолинитом монтмориллонита.

В обр. 2 химическим анализом определено незначительное количество кальция (примесь кальцита). Как и в первом анализе, здесь устанавливаются недостаток уранила и избыток натрия для получения теоретической формулы стрелкинита  $\text{Na}_2(\text{UO}_2)_2\text{V}_2\text{O}_8 \cdot n\text{H}_2\text{O}$ . Это несоответствие объясняется, вероятно, примесью небольшого (доли процента) количества неуранилового ванадата.

В обр. 3 в мономинеральной фракции, отобранной для химического анализа, в иммерсии установлены небольшие примеси кальцита, кварца и гидрослюда.

Полученный химический анализ обр. 3 за вычетом примесей рассчитывается на формулу  $\text{Na}_2(\text{UO}_2)_2\text{V}_2\text{O}_8 \cdot 5.7\text{H}_2\text{O}$ , соответствующую теоретической для неизвестного ранее натриевого аналога карнотита  $\text{K}_2(\text{UO}_2)_2\text{V}_2\text{O}_8 \cdot 3\text{H}_2\text{O}$  или тьямунита  $\text{Ca}(\text{UO}_2)_2\text{V}_2\text{O}_8 \cdot 5-8\text{H}_2\text{O}$ .

Следует отметить, что в составе других уранилванадатов, главным образом карнотита и тьямунита, иногда определялись небольшие количества  $\text{Na}_2\text{O}$ : 0.02—0.35 вес. % (Роде, 1925; Гецева, Савельева 1956; Соболева и Пудовкина, 1957; Frondel, 1958).

Спектральным анализом в стрелкините установлены примеси следующих химических элементов (в вес. %): Al, Ca, Mg, Fe — 0.1; Ni, Co, Ti, Y, Sr, Mo, Cu и Pb — 0.01; As и Yb — 0.001; иногда Tl — 0.1.

Изучено поведение уплотненного тоннокристаллического агрегата стрелкинита (обр. 2) при прокаливании (рис. 2). Потеря в весе (в %) при прокаливании до 150° С равна 2.97, до 250 — 3.54; до 300 — 5.47; до 400 — 7.12, до 500 — 7.47, до 700 — 7.69; до 1000° — 8.12. Удаление основной части воды происходит до 500°, общая потеря в весе составляет 8.12%. В процессе нагревания минерал менял свой первоначальный канареечно-желтый цвет на желто-зеленый, желто-бурый, черный и черный с желтовато-бурым оттенком соответственно при 400, 600, 900 и 1000°.

Для определения параметров элементарной ячейки, пространственной группы симметрии было отобрано несколько обломков кристаллов стрелкинита уплощенного габитуса.

По методу Лауэ установлены ромбическая сингония и Лауэкласс *mmm*. Параметры элементарной ячейки стрелкинита —  $a_0 = 10.64 \pm 0.02$ ,  $b_0 = 8.36 \pm 0.02$ ,  $c_0 = 32.72 \pm 0.02$  Å — рассчитаны по рентгенограммам качания и вращения, а затем проконтролированы по вейсенбергограммам.

Вдоль основных кристаллографических направлений *a*, *b*, *c* сняты развертки слоевых линий (Cu излучение без фильтра): *0kl*, *1kl*, *h0l*, *h1l*, *hk0* и *hk1*. Наличие закономерных погасаний для зоны  $0kl - k + l \neq 2n$  приводит к двум федоровским группам: *Pmmm* и *Pnm2*. По установленным параметрам элементарной ячейки проиндцирована порошковая рентгенограмма стрелкинита (табл. 2).

Число формульных единиц стрелкинита, рассчитанное из химической формулы обр. 3 и объема его элементарной ячейки, равно 8, а рентгеновская плотность  $\rho = 4.22$ . Измеренный удельный вес, исправленный с учетом примесей кварца, кальцита и гидрослюда, равен 4.0—4.2.

В табл. 3 приведены параметры элементарной ячейки карнотита, тьямунита и стрелкинита.  $a_0$  и  $b_0$  сравниваемых минералов отличаются незна-

Таблица 2  
Результаты расчета дебаеграммы стрелкинита

I	$d_{\text{измер.}}$	$d_{\text{расч.}}$	hkl
2	9.16	8.95	102
4	8.18	8.18	004
10	7.68	7.62	103
1	5.24	5.25	201
2	5.16	5.16	015
2	4.39	4.44	211
6	4.08	4.09	008
8	3.95	3.95	120
3	3.55	3.53	301, 124
5	3.20	3.20	312
3	3.10	3.12	305
3	2.66	2.67	322
2	2.35	2.34	0.0.14
1	2.148	2.153	418
4	2.007	2.009	1.0.16
2	1.628	1.627	608
1	1.516	1.518	701

Примечание. Камера РКУ,  $D = 114$  мм, Fe излучение.

Таблица 3

Размеры элементарной ячейки стрелкинита, карнотита, тюямунита и метатюямунита

Минерал	Формула	$a_0$ (в Å)	$b_0$ (в Å)	$c_0$ (в Å)	$\beta$	Z	Пространственная группа	Источник
Стрелкинит	$\text{Na}_2(\text{UO}_2)_2\text{V}_2\text{O}_8 \cdot 5.7\text{H}_2\text{O}$	10.64	8.36	32.73	—	8	$Pnmm, Pnm2$	Табл. 1, обр. 3
Карнотит	$\text{K}_2(\text{UO}_2)_2\text{V}_2\text{O}_8 \cdot 3\text{H}_2\text{O}$	10.47	8.41	6.91	$103^\circ 40'$	2	$P2_1^2$	Strunz, 1957
Тюямунит	$\text{Ca}(\text{UO}_2)_2\text{V}_2\text{O}_8 \cdot 5-8\text{H}_2\text{O}$	10.63	8.36	20.40	—	4	—	Тот же
Метатюямунит	$\text{Ca}(\text{UO}_2)_2\text{V}_2\text{O}_8 \cdot 3-5\text{H}_2\text{O}$	10.63	8.36	16.96	—	—	$Pnam, Pna2$	» »
Синтетический безводный аналог стрелкинита	$\text{Na}_2(\text{UO}_2)_2\text{V}_2\text{O}_8$	10.39	8.39	6.14	$100^\circ 40'$	2	—	Barton, 1958

чительно, в то время как  $c_0$  у стрелкинита по сравнению с тюямунитом возрастает в 1.5 раза, а по сравнению с карнотитом — в 4.7 раза. В соответствии с этим меняются объем элементарной ячейки и число формульных единиц. Увеличение содержания воды в структуре стрелкинита в 2 раза по сравнению с карнотитом вызывает резкое увеличение межслоевого пространства в новом минерале. На изменение упаковки, по-видимому, влияют также различия радиусов Na, Ca и K, а также различная степень упорядоченности расположения их в структуре сравниваемых минералов.

Уранилванадатные слои в карнотите и стрелкините связываются в единую трехмерную структуру одновалентными катионами, что позволяет предположить большее сходство стрелкинита с карнотитом, чем с тюямунитом.

Таким образом, проведенное исследование показало, что новый минеральный вид стрелкинит  $\text{Na}_2(\text{UO}_2)_2\text{V}_2\text{O}_8 \cdot 5.7\text{H}_2\text{O}$  является натриевым аналогом тюямунита и карнотита. Название минералу дано в честь советского минералога, проф. М. Ф. Стрелкина (1905—1965 гг.), длительное время занимавшегося изучением минералогии урановых руд.

Образцы стрелкинита (обр. 3) переданы на хранение в Минералогический музей АН СССР.

## Литература

- Гецева Р. В., К. Г. Савельева (1956). Руководство по определению урановых минералов. Госгеолтехиздат.
- Роде Е. Я. (1925). О тьямуните и минералах уранитовой группы. Зап. Российск. минер. общ., ч. 54, вып. 2.
- Соболева М. В., И. А. Пудовкина. (1957). Минералы урана. Госгеолтехиздат.
- Barton P. B. (1958). Synthesis and properties of carnotite and its alkali analogues Amer. Miner., v. 43, № 9—10.
- Fron del C. (1958). Systematic Mineralogy of Uranium and Thorium. Geol. Surv. Bull., v. 1064.
- Strunz H. (1957). Mineralogische Tabellen. Leipzig.

Поступила в редакцию  
29 декабря 1973 г.

---