

УДК 549.333

МИНЕРАЛОГИЯ

В. С. ГРУЗДЕВ, Н. М. ЧЕРНИЦОВА, Н. Г. ШУМКОВА

АКТАШИТ — $\text{Cu}_6\text{Hg}_3\text{As}_5\text{S}_{12}$, НОВЫЕ ДАННЫЕ

(Представлено академиком Ф. В. Чухровым 2 IX 1971)

В 1968 г. при изучении минералогии руд мышьяково-сурьмяно-ртутного месторождения Гал-Хая (Якутия) одним из авторов был обнаружен неизвестный ртутьсодержащий сульфид с индивидуальной рентгенограммой порошка (¹). Появившиеся вскоре сообщения о находке на месторождении Ак-Таш предположительно нового сложного сульфида ртути (^{2, 3}) позволили высказать мнение об идентичности этих минералов, что подтвердилось позднее после визуального сравнения порошкограмм обоих минералов, полученных в одинаковых условиях, результатов химического анализа и ряда физических свойств.

Первые данные по этому минералу из месторождения Ак-Таш (²⁻⁴), получившему условное название акташит*, пока не прошли окончательной апробации в Комиссии по новым минералам (^{4, 5}). В настоящем сообщении приводятся сведения по акташиту из месторождения Гал-Хая, которые подтверждают, что он представляет собой новый минеральный вид.

В рудах месторождения Гал-Хая акташит встречается в виде мельчайших (0,01—0,2 мм) идиоморфных кристаллов, их сростков и зернистых агрегатов в ассоциации с пиритом, галхаитом, халькопиритом (?) и метациннабаритом в кварц-кальцитовых метасоматитах. Обычно акташит, покрытый тончайшей каемкой халькопирита (?), образует сростания с пиритом, находящиеся в агрегате идиоморфных полупрозрачных и прозрачных кристалликов кварца.

Помимо этого акташит установлен на флангах рудных тел в кварц-кальцитовых прожилках с реальгаром, аурипигментом, вакабаяшиллитом, антимонитом и грейтитом. Здесь единичные его зерна размером 0,1—0,3 мм в поперечнике находятся среди ксеноморфных выделений реальгара.

Спайность у акташита не обнаружена, излом неровный до раковистого. Минерал хрупкий, твердость около 3,5; микротвердость 306 кг/мм² (ПМТ-3, нагрузка 50 г, среднеарифметическое по 20 замерам). Удельный вес минерала, содержащего примесь пирита, определенный из навески 13 мг, оказался равным 5,5 г/см³. Цвет акташита серовато-черный, иногда с синеватым оттенком (побежалость?); черта черная, блеск сильный металлический; проводит электрический ток, в у.-ф. лучах не люминесцирует.

В проходящем свете акташит непрозрачен. Полируется хорошо, по относительному рельефу выше метациннабарита и близок к галхаиту. В полированных шлифах цвет светло-серый со слабым кремовым оттенком. Минерал слабо анизотропен; двуотражение, внутренние рефлексии и двойники не наблюдались.

Оптические характеристики акташита в сечениях, перпендикулярных оси с (табл. 1), изучались И. А. Брызгаловым на установке специальной конструкции, принципиальная схема которой приведена в (⁶). Теоретические основы метода изложены П. Друде (⁷). По значениям главного угла ф

* В реферате статьи (²) акташит назван «меркуарситом».

и главного азимута падения 2ψ , измеренным в интервале спектра от 472 до 691 мμ, были определены показатели преломления n и поглощения κ , а затем по формуле Бера рассчитана отражательная способность R . Результаты непосредственных измерений отражательной способности, любезно выполненных Т. Н. Чвилевой, находятся в полном соответствии с приведенными в табл. 1 значениями. Наблюдавшиеся расхождения не превышали допустимой погрешности каждого метода.

Акташит не растворяется в щелочах, H_2SO_4 , HCl и HF . Растворим в горячей азотной кислоте. Травление в полированных шлифах стандартными реактивами дает положительную реакцию только для азотной кислоты, от действия которой акташит покрывается пленкой синевато-фиолетовых тонов.

Макроскопически акташит может быть легко принят за блеклые руды или за метациннабарит и его разновидности. Он диагностируется по форме кристаллов, очень тонким оттенкам черного цвета и характеру излома, а в полированных шлифах достаточно точно определяется по наличию слабой анизотропии, оттенкам цвета, значению и характеру дисперсии отражательной способности.

По химическому составу акташит является сложным сульфидом ртути, меди и мышьяка, по набору компонентов сходным с ртутьсодержащими теннантитами. В отличие от последних, он содержит значительно больше ртути, а содержание сурьмы, входящей в формулу минерала, вероятно, ограничивается первыми процентами.

Химический анализ якутского акташита выполнен из навески 150 мг, содержащей примесь пирита. Результаты приведены в табл. 2, где также помещены данные изучения акташита на микроанализаторе MS-46. Кроме того, спектральным полуколичественным анализом в акташите установлены примеси следующих элементов: Zn, Si, Ca 0,0%; Ag, Ti, Mg, Al 0,00%; Ge, Ga, Mn 0,00% (аналитик А. С. Дудыкина).

Т а б л и ц а 1
Оптические характеристики акташита из Якутии

λ , мμ	n	κ	R , %
691	3,05	0,20	27,2
670	3,07	0,21	27,6
640	3,11	0,23	28,5
608	3,14	0,25	29,3
579	3,16	0,27	29,9
546	3,17	0,30	30,7
527	3,14	0,32	30,8
496	3,04	0,36	30,7
472	2,94	0,41	30,7

Т а б л и ц а 2

Пересчет химического анализа якутского акташита

Элемент	Содержание, вес. %					6	7
	1	2	3	4	5		
Hg	27,80	35,00	35,4	32,55	34,54	0,1745	9,20
Cu	16,80	21,15	23,2	24,05	21,88	0,3329	17,54
As	17,02	21,42	18,9	17,90	21,50	0,2859	15,07
Sb	0,67	0,84	0,41	2,55	—	0,0069	0,36
S	28,25	21,59	23,6	23,38	22,08	0,6732	35,48
Fe	9,67	—	Не обн.	—	—	—	—
Zn	Не опр.	—	0,15	—	—	—	—
Сумма	100,21	100,00	101,66	100,43	100,00	—	77,65

П р и м е ч а н и е. 1 — результаты анализа акташита с примесью пирита, аналитик Н. Г. Шумкова; 2 — результаты анализа 1 за вычетом пирита, сумма приведена к 100%; 3 — результаты анализа, полученные на микроанализаторе MS-46, аналитик Ю. Г. Лаврентьев; 4 — состав акташита из месторождения Ак-Таш (среднее по 7 образцам, изученным химическим и локальным микро-рентгеноспектральным методами) (4); 5 — теоретический состав соединения $Cu_2Hg_2As_4S_{12}$; 6 — атомные количества для анализа 2; 7 — число атомов в элементарной ячейке.

Таблица 3

Межплоскостные расстояния якутского акташита, Å

№№ п.п.	hkl	hkl	I	$d_{изм}$	$d_{выч}$
1	1120		10	6,86	6,86
2	2021; 2201		14	4,98	5,01; 5,01
3	1012; 1102		10	4,36	4,34; 4,34
4	1231		20	4,04	4,05
5	0222		14	3,68	3,68
6	0003; 4131	111	100	3,10	3,11; 3,11
7	0411; 1123		14	2,83	2,83; 2,83
8	1312; 1132; 3112	200	70	2,69	2,69; 2,69; 2,69
9	1450		14	2,59	2,59
10	0333		10	2,45	2,44
11	3252		10	2,36	2,35
12	2243		14	2,29	2,30
13	1551		10	2,08	2,08
14	2462		7	2,03	2,02
15	1453		14	1,992	1,991
16	5612		7	1,943	1,940
17	5270; 7520; 2750	220	100	1,903	1,902; 1,903; 1,902
18	3363		14	1,841	1,842
19	1672		5	1,691	1,689
20	0771; 0,663		14	1,668	1,670
21	1345; 3115	311	100	1,621	1,622
22	1554		10	1,573	1,573
23	0006; 6822	222	20	1,554	1,553
24	4591		10	1,500	1,501
25	0555		7	1,467	1,467
26	0336		10	1,448	1,446
27	2465		10	1,431	1,434
28	2246		7	1,418	1,415
29	1783		7	1,405	1,404
30	5,5.10.0		7	1,373	1,372
31	2684; 8264	400	28	1,345	1,345
32	2,8.10.0		7	1,297	1,296
33	1237		7	1,277	1,276
34	5,5.10.3		7	1,254	1,255
35	4137; 5,11.6.1; 6825	331	40	1,236	1,235; 1,235; 1,235
36	0993		10	1,211	1,215
37	1,10.9.2; 2756; 7526	420	20	1,204	1,203

Примечание. Камера РКУ, $D = 114,6$ мм; FeK_{α} , без фильтра, внутренний стандарт NaCl. У В. И. Васильева (*) для акташита из месторождения Ак-Таш приводятся лишь 8 отражений: 3,12—100; 2,70—22; 1,909—54; 1,627—40; 1,559—6; 1,350—6; 1,238—15; 1,207—2; 1,101—10; 1,039—5; 0,911—6 (УРС-50ИМ, CuK_{α} , Ni-фильтр).

Рентгенограмма порошка акташита (табл. 3) весьма своеобразна и может быть условно расчленена на две составляющие. Первая из них — это наиболее сильные отражения, отвечающие подъячейке типа сфалерита. Вторую — многочисленные более слабые линии — можно принять за указание на наличие сверхструктуры.

При изучении монокристаллов в камере РКП (W- и Cu -излучения) была установлена тригональная симметрия минерала, класс $Laue \bar{3}$ и определены параметры решетки, уточненные впоследствии по рентгенограмме порошка: $a_n = 13,72 \pm 0,01$ Å; $c_n = 9,32 \pm 0,01$ Å. Анализ систематических погасаний, полученных при развертке нулевой слоевой линии вращением вокруг оси c (камера КФОР, Mo-излучение), привел к двум

возможным пространственным группам: $C_{3i}^2 - R\bar{3}$ и $C_3^4 - R3$. Для уточнения пространственной группы дополнительные сведения дала морфология кристаллов. Обычный габитус кристаллов акташита — тригональная пирамида с нижним, а иногда и с верхним моноэдрами. Наблюдались также усложнения граней другими формами, не расшифрованными вследствие их очень малого размера, но похожими на формы кристаллов поднокислого натрия — единственного представителя тригонально-пирамидального класса. Принимая во внимание морфологические особенности минерала, более вероятной можно считать его принадлежность к нецентросимметричной группе $R3$.

Дальнейший анализ показал, что структура акташита, действительно, представляет собой сверхструктуру на основе сфалерита с практически неискаженной подъячейкой, имеющей параметр $a = 5,38 \pm 0,01$ Å. Переход от подъячейки к истинной ячейке минерала выражается матрицей $|\frac{3}{2}\frac{1}{2}2|2\frac{3}{2}\frac{1}{2}|111|$. В скалярной форме соответствующий переход осуществляется по формулам $a_h = \frac{a}{2}\sqrt{26}$ и $c_h = a\sqrt{3}$. Детерминант этой матрицы $\Delta = 9,75$. Следовательно, объем ячейки акташита в 9,75 раза больше объема сфалеритовой подъячейки, что дает $V = 1519$ Å³ и теоретическое число атомов в ячейке, равное 78.

Расчет формулы акташита оказался очень сложным, что обусловлено наличием в материале, использованном для анализа, примеси пирита, а также, возможно, незначительного количества галхаита, халькопирита (?) и метациннабарита. Те же трудности, наряду с пористостью зерен акташита, возникли при определении удельного веса, поэтому в расчете формулы использовался удельный вес 5,76 г/см³, полученный В. И. Васильевым для кристаллов чистого акташита из месторождения Ак-Таш⁽⁴⁾.

Поскольку акташит не содержит железа, входящего в формулу минерала, оно пересчитывалось на пирит и с эквивалентным количеством серы исключалось из результатов химического анализа, после чего последние были приведены к 100%. Количество атомов в элементарной ячейке рассчитывалось по М. Хею⁽⁸⁾; коэффициент перехода от атомных количеств к числу атомов каждого элемента, содержащихся в ячейке, — $K = V\rho/0,006023$, где V — объем элементарной ячейки, ρ — удельный вес.

Эмпирическая формула акташита имеет вид: $Cu_{17,54}Hg_{9,20}As_{15,07}Sb_{0,36}S_{35,48}$ с суммой атомов в элементарной ячейке 77,65. Это достаточно близко теоретическому их числу, равному 78. После округления и сокращения коэффициентов получаем теоретическую формулу акташита $Cu_6Hg_3As_5S_{12}$ с рентгенометрическим удельным весом 5,71 г/см³.

Таким образом, акташит представляет собой самостоятельный минеральный вид, относящийся к тригональной сингонии. Пространственная группа $C_3^4 - R3$; $a_h = 13,72$; $c_h = 9,32$; $a_h : c_h = 1,47 : 1$; $z = 3$; $a_{rh} = 8,51$; $d = 107^\circ 28'$; $z = 1$.

Авторы глубоко признательны Ю. А. Пятенко за помощь в интерпретации результатов рентгено-структурных исследований, И. А. Брызгалову — за изучение оптических характеристик акташита, Ю. Г. Лаврентьеву — за выполнение микроаналитических измерений и В. И. Васильеву — за полезный обмен материалами изучения акташита и его образцами.

Институт минералогии, геохимии
и кристаллохимии редких элементов
Москва

Поступило
30 VIII 1971

ЦИТИРОВАННАЯ ЛИТЕРАТУРА

- ¹ В. С. Груздев, Р. Н. Юдин, V научн. отчетн. конфер. геол. фак. МГУ (тез. докл.), М., 1970, стр. 170.
- ² В. И. Васильев, Вопросы металлогении ртути, 111 «Наука», 1968.
- ³ В. И. Васильев, Рудные формации и генезис эндогенных месторождений Алтае-Саянской области, «Наука», 1968, стр. 76.
- ⁴ В. И. Васильев, Минералогия и некоторые вопросы генезиса ртутных месторождений Алтае-Саянской складчатой области. Автореф. кандидатской диссертации, Новосибирск, 1970.
- ⁵ Э. М. Бошшедт-Куплетская, Зап. Всесоюз. мин. общ., 99, 1, 71 (1970).
- ⁶ У. Вустер, Практическое руководство по кристаллофизике, ИЛ, 1958.
- ⁷ П. Друде, Оптика, 1935.
- ⁸ М. Х. Ней, Mineral. Mag., 20, 227 (1954).