

нита из месторождения Болд Ноб для сравнения. Из таблицы видно присутствие двух характеристических для аллеганита отражений: с $d = 3,63$ и $3,15 \text{ \AA}$, на которые указывал Г.А.Уинтер [5], и отсутствие отражений с $d = 5,20$; $4,32$ и $3,26 \text{ \AA}$, ошибочно отмеченных в карточке 22-726 JCPDS для аллеганита.

В настоящее время изучена система $\text{MgO-MgF}_2\text{-SiO}_2\text{-H}_2\text{O}$ [3]. К сожалению, она не может быть в полной мере применена для интерпретации аналогичной марганцевой ассоциации, так как указанная система построена без учета второстепенных компонентов и справедлива лишь при малых концентрациях фтора. Кроме того, в природе не обнаружен марганцевый аналог норбергита. Имеется лишь диаграмма, построенная для марганцевой ассоциации месторождения Болд Ноб, основанная на ассоциациях и формулах минералов [5]. Если эта диаграмма справедлива и для силикатно-марганцевой ассоциации описываемого проявления, то можно ожидать нахождение в ней мангангумита.

Образцы с минералами группы гумита из проявления хр.Иныльчек переданы в музей Ленинградского горного института, в Государственный Геологический музей им. В.И.Вернадского, в Минералогический музей им. А.Е.Ферсмана АН СССР и в музей Ильменского заповедника им. В.И.Ленина.

Авторы благодарят В.Ю.Карпенко, Д.И.Белаковского и Б.К.Баймагамбетова за выполнение химических анализов.

Литература

1. Гаврилов А.А. Эксгальционно-осадочное рудонакопление марганца. М.: Недра, 1972. 86 с.
2. Cook D. Sonolite, alleghanyite and leucophoenicite from New Jersey // Amer. Miner. 1969. Vol. 54. P. 1392-1398.
3. Duffy C.J., Greenwood H.J. Phase equilibria in the system $\text{MgO-MgF}_2\text{-SiO}_2\text{-H}_2\text{O}$ // Ibid. 1979. Vol. 64. P. 1156-1174.
4. Rentzeperis P.J. The crystal structure of alleghanyite, $\text{Mn}_5[(\text{OH})_2(\text{SiO}_4)_2]$ // Ztschr. Kristallogr. 1970. Bd. 132. S. 1-18.
5. Winter G.A., Essene E.J., Peacor D.R. Mn-humites from Bald Knob, North Carolina: mineralogy and phase equilibria // Amer. Miner. 1983. Vol. 68. P. 951-959.
6. Yoshinaga M. Sonolite, a new manganese silicate mineral // Mem. Fac. Sci. Kyushu Univ. D. 1963. Vol. 14, N 1. P. 1-21.

УДК 549.31 (575.2)

Э.М.Спиридонов

ВАКАБАЯШИЛИТ $(\text{As,Sb})_{11}\text{S}_{18}$ МЕСТОРОЖДЕНИЯ ХАЙДАРКАН (уточненные данные)

Вакабаяшиллит, который в макроскопических выделениях выглядит как сноповидный или игольчатый аурипигмент, является характерным минералом телетермальных и вулканогенных мышьяково-сурьяно-ртутных месторождений [1-4]. Вакабаяшиллит ассоциирует с реальгаром, аурипигментом, антимонитом, киноварью, галхитом, мельниковитом (грейгитом), кварцем, кальцитом, флюоритом.

Первоначальный вариант формулы минерала $(\text{As,Sb})_{11}\text{S}_{18}$ [3]; в работе [4] предложена идеальная формула $\text{As}_{10}\text{Sb}_1\text{S}_{18}$. Вакабаяшиллит месторождения Нишиномаки (Япония) содержит 5-10 мас.% сурьмы [4], что отвечает 0,5-1

Таблица I

Химический состав вакабаяшилита месторождений Хайдаркан (I-4) и Уайт-Кэпс (5)

Образец	Мас. %			
	As	Sb	S	сумма
I Среднее из 7 ан.	47,40 \pm 0,39	12,30 \pm 0,41	38,65 \pm 0,26	98,35
2 Центр	48,21	11,04	39,05	98,50
Промежуточная часть	50,80	8,90	39,55	99,25
Край	51,10	8,05	39,95	99,10
3 Центр	47,49	16,03	40,02	103,54
Промежуточная часть	48,92	13,11	39,75	101,78
Край	49,83	10,34	39,30	99,47
4 Центр	45,70	15,40	38,05	99,15
5 Центр	52,3	8,3	39,0	99,6
Край (по [47])	54,5	5,7	39,5	99,7

Образец	Формульные единицы в расчете на 29 атом.			
	As	Sb	сумма	S
I Среднее из 7 ан.	9,46	1,51	10,97	18,03
2 Центр	9,53	1,34	10,87	18,13
Промежуточная часть	9,91	1,07	10,98	18,02
Край	9,92	0,96	10,88	18,12
3 Центр	9,13	1,90	11,03	17,97
Промежуточная часть	9,47	1,56	11,03	17,97
Край	9,76	1,25	11,01	17,99
4 Центр	9,20	1,91	11,11	17,89
5 Центр	10,21	1,00	11,21	17,79
Край (по [47])	10,51	0,68	11,19	17,81

Примечание. Микрозонд JXA-5, аналитик Э.М.Спиридонов (МГУ). Ртуть и галлий не обнаружены.

Таблица 2

Рентгенограмма вакабаяшилита (ан. I) месторождения Хайдаркан

I/I_1	$d_{изм}, \text{Å}$	$d_{расч}, \text{Å}$	hkl
3	12,6	12,61	101, 102, 201 ⁺
0,5	10,95	11,03	002 ⁺ , 200, 202
1	7,25	7,28	300 ⁺ , 303
100	6,34	6,33	202 ⁺ , 204, 402
2	6,05	6,05	301, 401 ⁺ , 403
1	5,77	5,77	111 ⁺ , 112, 211
1	5,55	5,52	012, 210, 212, 004 ⁺
49	4,86	4,86	013 ⁺ , 310, 313
0,5	4,80	4,82	104, 105 ⁺ , 405, 504
0,5	4,75	4,76	401, 501 ⁺
1	4,53	4,53	212 ⁺ , 214, 412
0,5	4,45	4,45	113, 114 ⁺ , 314, 411, 413
0,5	4,39	4,41	005 ⁺ , 311, 505
5	4,32	4,37	500 ⁺
3	4,19	4,175	014, 206, 406, 410 ⁺ , 414, 603
4	4,11	4,125	402, 602 ⁺ , 604
3	3,98	3,963	106, 213, 215, 312, 315, 512 ⁺ , 513
2	3,93	3,924	501 ⁺ , 506, 601, 605
2	3,68	3,677	006 ⁺
1	3,65	3,647	015 ⁺ , 307, 515, 600, 606
57	3,55	3,554	214, 216, 316 ⁺ , 416, 502
0,5	3,49	3,487	412 ⁺ , 614, 702
0,5	3,48	3,479	612 ⁺
2	3,36	3,361	106 ⁺ , 107, 511, 607, 611, 615
1	3,34	3,332	601 ⁺ , 706
2	3,26	3,240	020 ⁺
6	3,15	3,152	007 ⁺ , 121, 122, 221, 305, 503, 508, 707, 713
4	3,12	3,118	503, 700 ⁺ , 803, 805
7	3,11	3,106	215, 220 ⁺ , 512, 517, 715
2	2,985	2,983	116 ⁺ , 117, 617
3	2,911	2,906	708, 807 ⁺
1	2,863	2,864	123, 124 ⁺
2	2,856	2,856	321, 414, 418, 421 ⁺ , 423
18	2,758	2,758	008 ⁺ , 216, 306, 603, 612, 618, 816, 903, 906
1	2,660	2,662	117 ⁺ , 118, 718, 902

Таблица 2 (окончание)

I/I_1	$d_{изм}, \text{Å}$	$d_{расч}, \text{Å}$	hkl
1	2,599	2,602	520 ⁺ , 525
1	2,569	2,577	323, 326 ⁺ , 514, 623, 809, 908, 914, 915
2	2,551	2,551	224, 316, 319, 422 ⁺ , 426, 619, 622, 624, 901
2	2,540	1,538	018 ⁺ , 613
1	2,534	2,533	4.010, 505 ⁺ , 6.0.10, 916
15	2,451	2,451	009 ⁺ , 10.0.3
1	2,398	2,403	118, 119, 208 ⁺ , 723, 8.0.10
1	2,299	2,293	019 ⁺ , 506, 605, 10.0.9
1	2,260	2,261	027, 2.1.10, 328 ⁺ , 424, 824, 11.0.4
1	2,249	2,251	523 ⁺ , 727, 8.1.10, 823, 825
1	2,150	2,150	030, 031, 130, 417 ⁺ , 11.0.2
1	2,125	2,123	131, 132, 231, 425 ⁺ , 429, 6.0.12, 924
0,5	2,120	2,120	032 ⁺ , 230, 232, 3.1.11, 524, 925
4	2,072	2,072	033 ⁺ , 227, 229, 330, 333, 804, 10.0.1, 10.1.0
6	2,033	2,035	133, 309 ⁺ , 331, 334, 431, 433, 9.0.12
2	1,930	1,9301	228 ⁺ , 2.2.10, 805, 8.2.10, 913, 12.1.3, 12.1.9
2	1,855	1,8536	036, 334 ⁺ , 337, 437, 518, 630, 636, 8.1.13
2	1,852	1,8526	433 ⁺ , 733, 734, 13.0.3
6	1,846	1,8482	3.2.11, 815 ⁺ , 13.1.8
2	1,813	1,8125	6.0.14, 631 ⁺ , 637, 707, 731, 736, 8.0.14, 11.0.13
1	1,750	1,7490	2.1.11, 428 ⁺ , 7.1.14, 8.1.14, 8.2.12, 11.2.10
2	1,737	1,7364	137 ⁺ , 138, 816, 11.1.2, 13.1.2, 14.1.7
7	1,691	1,6882	0.0.13, 2.1.12, 708 ⁺ , 830, 14.1.10
0,5	1,650	1,6500	1.2.12, 4.2.13, 831 ⁺ , 931, 938, 15.0.5
2	1,626	1,6261	337, 619, 733, 7.3.10, 916, 10.3.7, 11.0.4 ...
15	1,590	1,5903	143, 241, 243 ⁺ , 341, 342, 4.1.15, 7.0.16 ...
1	1,581	1,5821	043 ⁺ , 1.1.13, 1.1.14, 340, 343, 709, 727 ...
1	1,535	1,5352	144 ⁺ , 145
a_0	$25,23 \pm 0,05 \text{ Å}$		$\beta = 120,1 \pm 0,3^\circ$
b_0	$6,480 \pm 0,003 \text{ Å}$		$V = 3606,7 \text{ Å}^3$
c_0	$25,50 \pm 0,04 \text{ Å}$		$Z = 6$

Примечание. Условия съемки: ДРОН-1,5; Co - антикатод, $I_0^0 = 2$ см на диаграмме; внутренний эталон α -SiO₂; параметры решетки рассчитаны МНК по совокупности отражений, помеченных знаком +; аналитик Э.М.Спиридонов.

формульной единице (ф.е.) Sb в расчете на 29 атомов. Для вакабаяшилита предлагалась также формула $(As,Sb)_3S_4$. В работе [I] описаны находки вакабаяшилита в месторождениях Хайдаркан (Киргизия) и Галхая (Якутия); по результатам полных химических анализов для минерала предложена формула $(As,Sb)_2S_3$. Рентгенограммы вакабаяшилита всех известных месторождений весьма сходны.

Представилось желательным уточнить состав вакабаяшилита и его рентгенометрические характеристики. С этой целью изучены четыре образца вакабаяшилита месторождения Хайдаркан из коллекции В.Ю.Волгина и В.С.Груздева, представленные мономинеральными сростками размером до 5x5x3 мм.

Химический состав минерала определен с помощью электронного микроскопа (25 кВ, 15 нА, эталоны - химически анализированные реальгар и аурипигмент, сурьма чистоты 99,99%; составы рассчитаны по программе CORRECS). Все выделения вакабаяшилита Хайдаркана зональны по составу: центральные их части обогащены сурьмой, краевые зоны - мышьяком; характер зональности такой же, как у вакабаяшилита месторождения Уайт-Кэпс [4]. Содержание серы в вакабаяшилите Хайдаркана близко к I8 ф.е., сумма атомных количеств мышьяка и сурьмы в нем близка к II ф.е.; количество сурьмы составляет 0,68-1,91 ф.е. (табл. I).

Первый из четырех образцов вакабаяшилита Хайдаркана наиболее однороден по составу. Состав большей части объема игольчатых кристаллов с поперечным сечением от 0,06x0,06 до 0,5x0,5 мм достаточно устойчив (см. табл. I, ан. I), ширина каемок высокомышьяковистого состава менее 0,01 мм. Для этого образца (ан. I) были изучены физические свойства и получена рентгенограмма. Плотность минерала, определенная методом гидростатистического взвешивания, составляет $4,06 \pm 0,03$ г/см³. Микротвердость колеблется от 20 до 92, в среднем 41 кг/мм² (ПМТ-3, Р = 10-20 г, 13 измерений, аналитик Н.Ф.Соколова). В отраженном свете вакабаяшилит похож на аурипигмент, характеризуется обильными сильными внутренними рефлексиями лимонно-желтого цвета, совершенной спайностью в нескольких направлениях.

Рентгенограмма порошка вакабаяшилита Хайдаркана (ан. I) дана в табл. 2; параметры элементарной ячейки, рассчитанные МНК по всей совокупности отражений, составляют $a = 25,23 \pm 0,05$, $b = 6,480 \pm 0,003$, $c = 25,50 \pm 0,04$ Å; $\beta = 120,1 \pm 0,3^\circ$; $V = 3606,7$ Å³; $Z = 6$; рентгеновская плотность $4,060$ г/см³. Параметры решетки вакабаяшилита Хайдаркана заметно больше, чем у вакабаяшилита из Нишиномаки, поскольку состав первого заметно более сурьмянистый.

Плотность вакабаяшилита Хайдаркана измеренная и расчетная (рентгеновская) точно совпадает; следовательно, пересчеты химического состава минерала на формулу любыми способами дадут одинаковый результат.

Проведенное исследование свидетельствует о том, что первоначальный вариант формулы вакабаяшилита - $(As,Sb)_{11}S_{18}$ - правильный.

Рентгенограмма вакабаяшилита имеет определенное сходство с рентгенограммой пирротина; вероятно, он, как и пирротин, представляет собой твердый раствор вычитания.

Литература

1. Груздев В.С., Волгин В.Ю., Шумкова Н.Г. и др. Вакабаяшилит $(As,Sb)_2S_3$ из мышьяково-сурьмяно-ртутных месторождений СССР // Докл. АН СССР. 1975. Т. 224, № 2. С. 418-421.
2. Груздев В.С., Степанов В.И., Шумкова Н.Г. и др. Галхайт - $HgAsS_2$, новый минерал из мышьяково-сурьмяно-ртутных месторождений СССР // Там же. 1972. Т. 205, № 5. С. 1194-1197.
3. Introduction to Japanese minerals. Tokyo: Geol. Surv. Jap., 1970. 235 p.
4. Scott J.D., Nowacki W. New data on wakabayashilite // Canad. Miner. 1975. Vol. 13, N 4. P. 418-419.