

а также то обстоятельство, что К–Na полевые шпаты образуют единый по составу ряд с плагиоклазами из вкрапленников в трахитах и трахиандезитах (от анортоклазов через кальциевые анортоклазы к калиевым олигоклазам и затем андезитам), указывают, что щелочные полевые шпаты кристаллизовались из тех же порций расплава, за счет которых образовались содержащие их породы.

Институт вулканологии Дальневосточного научного центра  
Академии наук СССР, Петропавловск-Камчатский

Поступило  
12 V 1981

Ленинградский государственный университет  
им. А.А. Жданова

Институт геохимии и аналитической химии  
им. Вернадского Академии наук СССР,  
Москва

Камчатское производственное геологическое  
объединение "Камчатгеология"

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Гузиев И.С. В кн.: Вулканизм и геохимия его продуктов. 1967, с. 126.
2. Патока М.Г., Успенский В.С. – ДАН, 1977, т. 233, с. 1168.
3. Хусина Н.Р., Бочкаев Ф.И. – ДАН, 1980, т. 255, с. 722.
4. Каменцев И.Е., Сметанникова О.Г. – Зап. Всесоюз. мин. общ-ва, 1977, № 4, с. 476.
5. Хусина Н.Р. – Геохимия, 1979, № 5, с. 704.
6. Stewart D.B., Wridht T.L. – Bull. Soc. franc., miner. et cristallog., 1974, vol. 97, p. 356.
7. Robin P.J.F. – Amer. Miner., 1974, vol. 59, p. 1299.
8. Parsons J. – Miner. Mag., 1978, vol. 42, p. 1.
9. Yund R.A., Davidson P. – Amer. Miner., 1978, vol. 63, p. 470.
10. Binns R.A., Duggan M.B., Wilkinson J.J. – Amer. J. Sci., 1970, vol. 269, p. 132.
11. Hoffer J.M., Hoffer R.L. – Geol. Soc. Amer. Bull., 1973, vol. 84, p. 2139.
12. Кебезинская В.В., Антипин В.С. – Геология и геофизика, 1975, № 2, с. 64.
13. Кисилев А.И., Медведев И.Е., Головкин Г.А. Вулканизм Байкальской рифтовой зоны и проблемы глубинного магмообразования. Новосибирск, 1979.
14. Волянюк Н.Я., Владимиров В.М., Семенова В.Г., Новиков В.М. – ДАН, 1978, т. 240, с. 988.

УДК 549.352.24(575.2)

МИНЕРАЛОГИЯ

Э.М. СПИРИДОНОВ, Л.Я. КРАПИВА, А.К. ГАПЕЕВ, В.И. СТЕПАНОВ,  
Э.Я. ПРУШИНСКАЯ, В.Ю. ВОЛГИН

#### ГРУЗДЕВИТ $Cu_6Hg_3Sb_4S_{12}$ – НОВЫЙ МИНЕРАЛ\* ИЗ СУРЬМЯНО-РУТУГНОГО МЕСТОРОЖДЕНИЯ ЧАУВАЙ (СРЕДНЯЯ АЗИЯ)

(Представлено академиком В.И. Смирновым 25 XI 1980)

При изучении периферических участков сурьмяно-ртутного месторождения Чаувай (Южная Киргизия) Л.Я. Крапива обнаружил акташит и сурьмяный акташит в виде хорошо образованных тетраэдрических кристаллов размером 0,2–4 мм, выросших на антимонит и киноварь в кварцевых прожилках в ассоциации с флюоритом, кальцитом, баритом, метациннабаритом, вуртцитом. Было выявлено зональное строение кристаллов акташита: ядра сложены сурьмяным акташитом, внешние части – акташитом без сурьмы [1]. На ряде рентгенограмм акташита и сурьмянистого акташита зафиксировано наличие отражений двух акташитоподобных фаз с различиями

\* Минерал и его название утверждены Комиссией по новым минералам и названиям минералов Международной минералогической ассоциации 15 сентября 1980 г., КНМ ВМО СССР – 26 сентября 1980 г.

Таблица 1

Химический состав груздевиты месторождения Чаувай, мас. %

Элемент	1	2	3	4	5	6
Cu	20,77	19,81	19,26	19,92	20,27	19,96
Fe	0,14	Сл.	0,38	0,39	0,40	0,40
Hg	33,13	32,23	33,23	32,35	33,16	32,28
Sb	25,63	27,22	25,85	25,29	26,73	26,54
As	0,42	0,57	0,54	0,56	0,06	0,07
S	20,91	20,29	20,30	20,42	20,31	20,39
Сумма	101,00	100,12	99,56	98,93	100,93	99,64
Количество атомов в расчете на 25						
Cu	6,00	5,83	5,70	5,87	5,93	5,87
Fe	0,05	—	0,13	0,13	0,13	0,13
Cu + Fe	6,05		5,83	6,00	6,06	6,00
Hg	3,03	3,01	3,12	3,02	3,07	3,01
Sb	3,86	4,18	4,00	3,89	4,08	4,08
As	0,10	0,14	0,14	0,14	0,01	0,02
Sb + As	3,96	4,32	4,14	4,03	4,09	4,10
S	11,96	11,84	11,92	11,94	11,78	11,89

Примечание. Cd, Se, Ni, Co не обнаружены. Химический состав определен с помощью электронного микроанализатора "Самебах" Э.М. Спиридоновым.

Таблица 2

Средние химические составы минералов серии акташит – груздевит месторождения Чаувай, мас. %.

Элемент	Акташит (5)	Сурьмянистый акташит (7)	Мышьяковистый груздевит (4)	Груздевит (6)
Cu	22,44	21,98	21,83	19,99
Fe	0,24	0,21	0,33	0,29
Hg	35,76	34,77	34,57	32,73
Sb	1,97	8,78	15,42	26,21
As	16,35	12,07	7,53	0,37
S	22,83	22,11	21,76	20,44
Сумма	99,59	99,92	101,44	100,03
Количество атомов в расчете на 25				
Cu	5,95	5,98	6,00	5,87
Fe	0,07	0,07	0,11	0,10
Cu + Fe	6,02	6,05	6,11	5,97
Hg	3,00	2,99	3,01	3,04
Sb	0,27	1,24	2,21	4,01
As	3,69	2,78	1,77	0,09
Sb + As	3,96	4,02	3,98	4,10
S	12,02	11,93	11,90	11,89

Примечание. Анализы выполнены с помощью электронного микроанализатора "Самебах" Э.М. Спиридоновым. В скобках – число анализов.

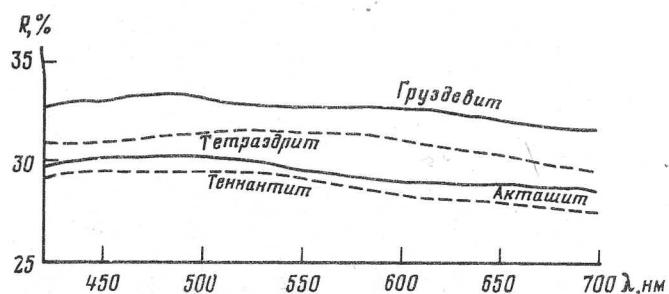


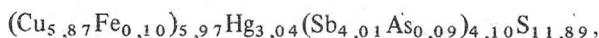
Рис. 1. Спектры отражения груздевит и акташита в сравнении со спектрами тетраэдрита и теннантита

ся параметрами э.я. Изучение рентгенограмм позволило предположить наличие акташитоподобной фазы существенно сурьмяного состава, что в дальнейшем подтвердилось при исследованиях на электронном микрозонде.

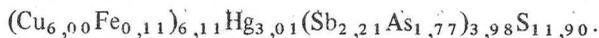
Ромбоэдрический груздевит является сурьмяным аналогом акташита  $\text{Cu}_6\text{Hg}_3\text{As}_4\text{S}_{12}$  (уточненная формула, полученная независимо [2] и [1]), ртутисто-сурьмяным аналогом новацкиита  $\text{Cu}_6\text{Zn}_3\text{As}_4\text{S}_{12}$ .

Химический состав минерала (6 анализов на 3 зернах) определен с помощью электронного микрозонда "Camebax" при ускоряющем напряжении 20 кВ. В качестве эталонов использованы химически анализированные образцы киновари (для Hg), ливингстонита (для Hg, Sb), халькостибита (для Cu, S), Fe-теннантита  $\text{Cu}_{10}\text{Fe}_2\text{As}_4\text{S}_{13}$  (для Fe, As); аналитические линии  $\text{HgM}\alpha$ ,  $\text{SbL}\alpha$ ,  $\text{AsL}\alpha$ ,  $\text{CuK}\alpha$ ,  $\text{FeK}\alpha$ ,  $\text{SK}\alpha$ . Химические составы рассчитаны методом последовательного приближения (3–7 итераций) по программе "Карат" [3]. Химические анализы груздевит приведены в табл. 1, средние составы груздевит и мышьяковистого груздевит Чауваэ – в табл. 2.

По химическому составу существует непрерывная серия от акташита до груздевит. Соотношения атомных количеств  $(\text{Cu} + \text{Fe}) : \text{Hg} : (\text{Sb} + \text{As}) : \text{S}$  во всех анализированных образцах близко к 6 : 3 : 4 : 12 (сумма 25). Эмпирическая формула груздевит в расчете на 25 атомов



идеализировано  $\text{Cu}_6\text{Hg}_3\text{Sb}_4\text{S}_{12}$ . Эмпирическая формула мышьяковистого груздевит



В соответствии с рекомендациями КНМ ММА границей между акташитом и груздевитом является состав  $\text{As}_2\text{Sb}_2$  (ф. ед.). Груздевит, содержащий более 4,14 мас.% (более 1 ф. ед.) мышьяка, целесообразно именовать мышьяковистым; акташит, содержащий более 7,10 мас.% (более 1 ф. ед.) сурьмы, – сурьмянистым.

Рентгенограммы порошка груздевит подобны рентгенограммам новацкиита и акташита, но отличаются сдвигом всех отражений в сторону меньших углов (табл. 3). Сильнейшие отражения, Å: 3, 15 (10) (311, 003) – 2,73 (3) (312) – 2,11 (3) (511) – 1,928 (9) (520, 314) – 1,644 (8) (621, 523, 315) – 1,363 (3) (624) – 1,251 (5) (625, 651, 911, 317) – 1,113 (6) (654, 914, 318, 10.1.2, 923) – 1,049 (6) (655, 915, 627, 009, 428). Параметры элементарной ячейки:  $a_h = 13,90$  Å,  $c_h = 9,342$  Å,  $Z = 3$ ;  $a_{rh} = 8,609$  Å,  $\alpha = 107^\circ 41'$ ,  $Z = 1$ ; рентгеновская плотность  $\rho_x = 5,88$  гс/см<sup>3</sup> (табл. 4).

Кристаллическая структура груздевит (как и акташита) близка к структуре новацкиита [4], т.е. отвечает дефектной сверхструктуре на основе сфалерита при

Т а б л и ц а 3

Рентгенограммы порошка груздевиты  $\text{Cu}_6\text{Hg}_5\text{Sb}_4\text{S}_{12}$  и акташита  $\text{Cu}_3\text{Hg}_3\text{As}_4\text{S}_{12}$  ( $\Delta$ -Fe)

№ п.п.	$hkl/h$	Груздевит (1)			Акташит (2)		
		$I$	$d_{\text{изм}}, \text{Å}$	$d_{\text{расч}}, \text{Å}$	$I$	$d_{\text{изм}}, \text{Å}$	$d_{\text{расч}}, \text{Å}$
1	110 <sup>+</sup>	1	6,98	6,95	1	6,86	6,87
2	201 <sup>+</sup>	1	5,05	5,07	1,5	4,98	5,01
3	102 <sup>+</sup>	0,5	4,40	4,39	1	4,36	4,34
4	211 <sup>+</sup>	1	4,09	4,10	2	4,04	4,05
5	202 <sup>+</sup> , 301	< 0,5	3,70	3,71, 3,69	0,5	3,68	3,67, 3,65
6	311 <sup>+</sup> , 003 <sup>+</sup>	10	3,16	3,148, 3,144	10	3,10	3,111, 3,105
7	401 <sup>+</sup> , 113 <sup>+</sup>	0,5	2,87	2,867, 2,865	1	2,83	2,834, 2,829
8	312 <sup>+</sup>	2,5	2,73	2,725	4	2,69	2,693
9	410 <sup>+</sup>	0,5	2,62	2,627	1,5	2,59	2,597
10	303 <sup>+</sup>	0,5	2,48	2,475	1	2,45	2,445
11	322 <sup>+</sup>	0,5	2,38	2,383	0,5	2,36	2,355
12	330 <sup>+</sup> , 104 <sup>+</sup>	0,5	2,32	2,317, 2,314	1,5	2,29	2,290, 2,285
13	511 <sup>+</sup>	3	2,12	2,108	3	2,08	2,083
14	422 <sup>+</sup>	0,5	2,05	2,049	0,5	2,03	2,025
15	413 <sup>+</sup>	1	2,01	2,016	1,5	1,992	1,992
16	512 <sup>+</sup> , 601 <sup>+</sup>	0,5	1,965	1,966, 1,963	0,5	1,943	1,943, 1,940
17	520 <sup>+</sup> , 314 <sup>+</sup>	9	1,929	1,928, 1,926	9	1,903	1,906, 1,903
18	333 <sup>+</sup> , 105 <sup>+</sup>	1	1,864	1,865, 1,864	1	1,841	1,843, 1,840
19	612 <sup>+</sup> , 441 <sup>+</sup> , 305	< 0,5	1,710	1,711, 1,709, 1,707	0,5	1,691	1,691, 1,689, 1,686
20	531 <sup>+</sup> , 701, 603 <sup>+</sup>	0,5	1,690	1,692, 1,691	1	1,668	1,672, 1,671
21	621 <sup>+</sup> , 523 <sup>+</sup> , 315 <sup>+</sup>	8	1,645	1,644, 1,643, 1,642	8-9	1,621	1,625, 1,624, 1,622
22	710 <sup>+</sup> , 514 <sup>+</sup>	1	1,594	1,595, 1,594	0,5	1,573	1,576, 1,575
23	622 <sup>+</sup> , 711 <sup>+</sup> , 006 <sup>+</sup>	1,5	1,574	1,574, 1,572, 1,572	1,5	1,554	1,555, 1,554, 1,552
24	541 <sup>+</sup> , 443 <sup>+</sup> , 206 <sup>+</sup> , 630, 434	0,5	1,520	1,521, 1,521, 1,521, 1,517, 1,516	0,5	1,500	1,504, 1,503, 1,502, 1,499, 1,498

25	801 <sup>+</sup> , 216 <sup>+</sup> , 505 <sup>+</sup>	0,5	1,485	1,486, 1,486, 1,485	0,5	1,467	1,469, 1,467, 1,467
26	542 <sup>+</sup> , 306 <sup>+</sup>	< 0,5	1,465	1,465, 1,464	1	1,448	1,448, 1,446
27	425, 614 <sup>+</sup>	< 0,5	1,450	1,452, 1,449	1	1,431	1,435, 1,431
28	802 <sup>+</sup> , 226	< 0,5	1,435	1,434, 1,432	0,5	1,418	1,417, 1,415
29	316 <sup>+</sup> , 713 <sup>+</sup> , 515 <sup>+</sup>	< 0,5	1,422	1,422, 1,422, 1,422	0,5	1,405	1,405, 1,405, 1,404
30	550 <sup>+</sup> , 534 <sup>+</sup> , 704 <sup>+</sup>	1	1,390	1,390, 1,390	0,5	1,373	1,374, 1,373
31	624 <sup>+</sup>	3	1,363	1,363	4	1,345	1,346
32	820 <sup>+</sup>	0,5	1,313	1,314	0,5	1,297	1,298
33	426 <sup>+</sup> , 217 <sup>+</sup>	0,5	1,292	1,293, 1,292	0,5	1,277	1,278, 1,276
34	804 <sup>+</sup>	1	1,269	1,269	0,5	1,254	1,253
35	651 <sup>+</sup> , 911 <sup>+</sup> , 625 <sup>+</sup> , 317 <sup>+</sup>	5	1,251	1,251, 1,250, 1,250	6-7	1,236	1,236, 1,235, 1,234
36	903, 436, 407	0,5	1,230	1,230, 1,231, 1,230	1	1,215	1,216, 1,216, 1,215
37	652 <sup>+</sup> , 912	2	1,219	1,219	3	1,204	1,205
38	526 <sup>+</sup>	1,5	1,218	1,218	2	1,203	1,204
39	417, 554 <sup>+</sup> , 10, 0, 1	0,5	1,197	1,199, 1,198, 1,194	1	1,182	1,184, 1,183, 1,180
40	008 <sup>+</sup> , 921	0,5	1,180	1,179, 1,177	1	1,165	1,164, 1,163
41	536 <sup>+</sup> , 706, 725 <sup>+</sup> , 427 <sup>+</sup> , 660 <sup>+</sup>	1,5	1,160	1,160, 1,160, 1,159, 1,159	1	1,145	1,146, 1,146, 1,145, 1,145
42	308 <sup>+</sup> , 841 <sup>+</sup> , 815	1	1,130	1,131, 1,129, 1,129	1	1,117	1,117, 1,116, 1,115
43	654 <sup>+</sup> , 914, 318, 10, 1, 2	6	1,113	1,113, 1,112, 1,111	7	1,098	1,100, 1,098, 1,098
44	923 <sup>+</sup>	1	1,110	1,110	1,5	1,096	1,097
45	11, 01 <sup>+</sup> , 806 <sup>+</sup> , 663 <sup>+</sup>	1,5	1,087	1,087, 1,087, 1,087	2	1,075	1,075, 1,074, 1,074
46	418, 102, 1 <sup>+</sup> , 10, 1, 3	1	1,075	1,0757, 1,0741, 1,0740	2	1,0615	1,0624, 1,0617, 1,0614
47	761 <sup>+</sup> , 537 <sup>+</sup> , 707, 850	1,5	1,061	1,0615, 1,0607, 1,0600	1,5	1,0495	1,0492, 1,0478, 1,0477
48	655 <sup>+</sup> , 915, 627, 009	5	1,049	1,0490, 1,0486, 1,0480	6	1,037	1,0365, 1,0358, 1,0349
49	941 <sup>+</sup> , 11, 2, 1 <sup>+</sup> , 646 <sup>+</sup> , 754	1,5	1,0375	1,0376, 1,0375, 1,0359	2	1,025	1,0256, 1,0251, 1,0238
50	906 <sup>+</sup> , 608 <sup>+</sup>	3	1,017	1,0188, 1,0165	4	1,005	1,0066, 1,0040

$a_0, \text{ \AA}$   
 $c_0, \text{ \AA}$   
 $V, \text{ \AA}^3$

13,90<sub>2</sub>

9,432

1579

13,74<sub>1</sub>

9,314

1523

Примечание. 1 — анализ Э.М. Спиридонов, 2 — по данным В.С. Груздева и др. (1972 г.) с дополнениями Э.М. Спиридонова. Параметры элементарной ячейки рассчитаны МНК по величинам межплоскостных расстояний отражений, помеченных +.

Т а б л и ц а 4

П а р а м е т р ы элементарной ячейки изоструктурных минералов

Минерал	Формула	$a_n$	$c_n$	$a_{rh}$	$\alpha$
Новацкиит	$Cu_6Zn_3As_4S_{12}$	13,44	9,17	8,34	$107^\circ 20'$
Акташит	$Cu_6Hg_3As_4S_{12}$	13,71	9,31	8,50	$107^\circ 28'$
Груздевит	$Cu_6Hg_3Sb_4S_{12}$	13,90	9,34	8,61	$107^\circ 41'$

сохранении основного мотива структуры сфалерита. Этим объясняется то, что набор наиболее сильных отражений в рентгенограммах груздевиты, акташита, новацкиита близок к рентгенограмме сфалерита.

Структуру груздевиты можно рассматривать как плотнейшую упаковку групп  $Sb_4S_{12}$  с атомами меди и ртути, находящимися в тетраэдрическом окружении из атомов серы. В согласии с представлениями школы Н.В. Белова, основой структуры груздевиты (как и акташита [2]) можно рассматривать каркас из связанных общими вершинами тетраэдров  $CuS_4$  и  $HgS_4$  с полостями, вытянутыми вдоль тройных осей и заполненными группами  $SbS_3$ .

В отраженном свете груздевит не отличим от акташита; как и акташит, чрезвычайно похож на тетраэдрит и метациннабарит; характеризуется слабой анизотропией отражения  $\Delta R \sim 0,06$ . Отражение в воздухе  $R_{max}, \%$ : 32,8 (420 нм), 33,1 (460), 33,0 (500), 32,8 (540), 32,7 (580), 32,4 (620), 31,9 (660), 31,6 (700 нм). Зависимость отражения от состава минералов в ряду акташит — груздевит (рис. 1) подобна зависимости в ряду теннантит — тетраэдрит [5]. Микротвердость груздевиты  $295 \pm 5$  кгс/мм<sup>2</sup> ( $P = 30$  гс). Спайность отсутствует.

Минерал обнаружен в центре эвальных кристаллов: груздевит  $\rightarrow$  As-груздевит  $\rightarrow$  Sb-акташит  $\rightarrow$  акташит. Размер выделений груздевиты до 90 мкм.

Назван в память В.С. Груздева (1938 — 1977 гг.), советского минералога и исследователя рудных месторождений, погибшего при геологических исследованиях.

Эталонный образец груздевиты находится в Минералогическом музее им. А.Е. Ферсмана Академии наук СССР.

Московский государственный университет  
им. М.В. Ломоносова  
Институт минералогии, геохимии  
и кристаллохимии редких элементов, Москва

Поступило  
1 XII 1980

## ЛИТЕРАТУРА

1. Э.М. Спиридонов, Л.Я. Крапива, В.И. Стэпанов, ДАН, т. 261, № 3 (1981).
2. Л.Н. Кап-лунник, Е.А. Победимская, Н.В. Белов, ДАН, т. 251, № 1 (1980).
3. Г.В. Бердичевский, Ю.Г. Лаврентьев, Л.И. Чернявский, Геол. и геофиз., № 3 (1977).
4. F. Marumo, Zs. Kristallogr., v. 124 (1967).
5. М.С. Безсмертная, Т.Н. Чвилева, Определитель рудных минералов в отраженном свете, М., "Недра", 1976.