

Д. члены *Е. Н. ЗАВЬЯЛОВ, В. Д. БЕГИЗОВ*

НОВЫЕ ДАННЫЕ О КОНСТИТУЦИИ И НОМЕНКЛАТУРЕ СУЛЬФОТЕЛЛУРИДОВ ВИСМУТА СЕМЕЙСТВА ЖОЗЕИТОВ

В литературе немало сведений о природных соединениях, составляющих так называемое семейство жозеитов — локальную группу сульфотеллуридов висмута, приблизительно сходных по химическому составу и структуре. Тем не менее в отношении выделенных минералов существовала неопределенность, обусловленная переменностью их химического состава, и особенно отсутствием надежных сведений о структуре, что в свою очередь вызвало путаницу в их систематике и номенклатуре.

Впервые название «жозеит» (Kenngott, 1853) дано минералу из месторождения Сан-Жозе (Минас-Жерайс, Бразилия), имеющему химический состав с соотношением элементов близким к Bi_2TeS (Damour, 1845), такой состав был повторен на материале из месторождений Рецбанья, Бихор, Румыния (Koch, 1948; Grasselly, 1948), Сохондо, Восточное Забайкалье (Годовиков и др., 1971), а также месторождений Восточной Якутии (Гамянин и др., 1980) — (табл. 1, см. рисунок 1). К жозеиту был отнесен также минерал из месторождения Випстик (Новый Южный Уэльс, Австралия), имеющий состав с иным содержанием теллура и серы, отвечающий формуле $\text{Bi}_2(\text{Te}, \text{S})_2$ (Mingaye, 1916). Сведений о минералах подобного состава в последнее время опубликовано немало (табл. 1), однако из-за вариации содержания теллура и серы они в литературе приведены под различными названиями. Жозеитом был назван и минерал из месторождения Глэсьер-Галч (Британская Колумбия, Канада), хотя его химический состав отвечает формуле Bi_4TeS_2 (Warren, Davis, 1940; Peacock, 1941). После этого приблизительно сходные составы установлены на образцах еще из четырех месторождений (табл. 1, см. рисунок).

Первоначально для жозеитов из Сан-Жозе (Национальный музей США) и Глэсьер-Галч (Роэлл Онтарио музей) были получены идентичные порошковые рентгенограммы (Peacock, Berry, 1940), однако дальнейшее рентгеновское исследование этих образцов показало существование двух или трех близких по структуре минералов (Peacock, 1941). Из них для минерала Bi_4TeS_2 М. А. Пикок получил структурные данные, надежно согласованные с химическим составом. Впоследствии он получил название «жозеит-А» (Thompson, 1949). По рентгенограмме М. А. Пикок предположил наличие в образцах из Сан-Жозе минерала $\text{Bi}_4\text{Te}_2\text{S}$, к которому были отнесены первоначальные химические составы жозеитов, хотя ни один из них этой формуле не отвечает. Подобная рентгенограмма указана в литературе под названием «жозеит-В» (Thompson, 1949). Более поздние работы, содержащие сведения о жозеитах, не достигли детальности М. А. Пикок, а в своих выводах нередко больше запутывали, чем уточняли положение этих минералов.

В настоящей работе исследован обширный материал — 24 музейных образца из 13 месторождений, в том числе из Сан-Жозе, Глэсьер-Галчи и Рецбанья. Установленные химические составы охватили почти все семейство жозеитов (табл. 2, см. рисунок), поэтому, учитывая их широкую вариацию в пределах этой области, особое внимание уделено получению для каждого соединения надежных рентгеноструктурных характеристик, строго согласованных с составом.

Изученный материал. Образцы расположены в порядке увеличения в химическом составе содержания теллура.

Обр. 111, 112 и 113 — «жозеит-А» (минералогический музей МГРИ, № 50764, 50769 и 50766 соответственно), Устарасай, Узбекская ССР.

Таблица 1

Известные химические составы природных сульфотеллуридов висмута семейства жозеитов

Анализ	Название минерала	Автор	Содержание, мас. %				Сумма	Эмпирическая формула
			Bi	Te	S	другие		

1. Составы с соотношением элементов близким к Bi_2TeS								
1	Жозеит	Dampour, 1845	79.15	15.93	3.15	Se 1.48	99.71	$\text{Bi}_{2.05}\text{Te}_{1.01}(\text{S}_{0.79}\text{Se}_{0.15})_{0.94}$
2	»	»	78.40	15.68	3.11	Se 1.47	98.66	$\text{Bi}_{2.06}\text{Te}_{1.00}(\text{S}_{0.79}\text{Se}_{0.15})_{0.94}$
3	»	Koch, 1948	80.10	15.46	4.55		100.11	$\text{Bi}_{2.97}\text{Te}_{0.94}\text{S}_{1.10}$
4	»	»	79.96	15.40	4.47		99.83	$\text{Bi}_{2.98}\text{Te}_{0.94}\text{S}_{1.08}$
5	Минерал-I	Годовиков и др., 1971	78.63	17.32	3.70	Pb 0.6, Sb 0.18	100.43	$(\text{Bi}_{2.98}\text{Pb}_{0.02}\text{Sb}_{0.01})_{0.3}\text{Te}_{1.07}\text{S}_{0.91}$

2. Составы с соотношением элементов $\text{Bi}_3(\text{Te}, \text{S})_2$								
6	Жозеит	Mingaye, 1916	82.92	9.16	6.19	H. o. 1.56	99.83	$\text{Bi}_{3.00}(\text{Te}_{0.54}\text{S}_{1.46})_{2.00}$
7	Оруэит	de Rubies, 1919	86.78	6.35	6.84		99.97	$\text{Bi}_{3.06}(\text{Te}_{0.37}\text{S}_{1.57})_{1.94}$
8	Минерал-P	Годовиков и др., 1971	83.40	7.40	6.90	Pb 0.90	98.60	$(\text{Bi}_{2.95}\text{Pb}_{0.03})_{0.298}(\text{Te}_{0.43}\text{S}_{1.59})_{2.02}$
9	Минерал-K	»	76.84	20.56	2.80	Pb 0.32, Sb 0.22	100.74	$(\text{Bi}_{2.97}\text{Pb}_{0.01}\text{Sb}_{0.01})_{2.99}(\text{Te}_{1.30}\text{S}_{0.70})_{2.00}$
10	Сульфотеллурид висмута	Дружинин и др., 1975	74.82	18.64	3.12	Pb 3.42	100.0	$(\text{Bi}_{2.90}\text{Pb}_{0.13})_{0.3}\text{Te}_{1.18}\text{S}_{0.79/1.97}$
11	гр. вергита	»	76.40	19.72	2.83	Pb 0.34	99.29	$(\text{Bi}_{3.00}\text{Pb}_{0.01})_{0.3}\text{Te}_{1.27}\text{S}_{0.72/1.99}$
12	Сульфотеллурид № 1	Онтоев и др., 1978	75.79	19.40	2.76	Pb 0.27	98.22	$(\text{Bi}_{3.01}\text{Pb}_{0.01})_{0.3}\text{Te}_{1.27}\text{S}_{0.71/1.98}$
13	»	»	73.32	19.69	2.84	Pb 2.37	98.22	$(\text{Bi}_{2.90}\text{Pb}_{0.09})_{0.299}(\text{Te}_{1.28}\text{S}_{0.73/2.01}$
14	»	»	74.80	17.57	2.27	Pb 2.45	97.54	$(\text{Bi}_{3.02}\text{Pb}_{0.10})_{0.3}\text{Te}_{1.18}\text{S}_{0.72/1.88}$
15	»	»	76.25	17.25	2.97	Pb 1.60	98.07	$(\text{Bi}_{3.04}\text{Pb}_{0.06})_{0.3}\text{Te}_{1.13}\text{S}_{0.77/1.90}$
16	Сульфотеллурид № 2	»	75.92	19.04	2.47	Pb 0.44, Ag 0.35	98.22	$(\text{Bi}_{3.06}\text{Pb}_{0.02}\text{Ag}_{0.03})_{0.3}\text{Te}_{1.27}\text{S}_{0.65/1.90}$
17	»	»	75.41	19.33	2.56	Pb 0.85	98.15	$(\text{Bi}_{3.03}\text{Pb}_{0.03})_{0.3}\text{Te}_{1.27}\text{S}_{0.67/1.94}$
18	»	»	75.04	18.90	2.31	Pb 0.90, Ag 0.17	97.29	$(\text{Bi}_{3.07}\text{Pb}_{0.04}\text{Ag}_{0.01})_{0.3}\text{Te}_{1.27}\text{S}_{0.62/1.89}$
19	Сульфотеллурид В состава Bi_6TeS_4	Финашин и др., 1979	80.3	9.7	6.0	Pb 2.5	98.5	$(\text{Bi}_{2.91}\text{Pb}_{0.09})_{0.3}\text{Te}_{0.58}\text{S}_{1.42/2.00}$
20	Оруэит	»	86.2	5.9	6.6		98.7	$\text{Bi}_{3.10}(\text{Te}_{0.35}\text{S}_{1.55})_{1.90}$
21	Ряд жозеита-B	Гамянин и др., 1980	78.34	16.76	3.35		98.45	$\text{Bi}_{3.07}(\text{Te}_{1.08}\text{S}_{0.86/1.94}$
22	»	»	74.89	18.4	3.19	Pb 0.49, Sb 0.12	97.09	$(\text{Bi}_{2.90}\text{Pb}_{0.02}\text{Sb}_{0.01})_{0.299}(\text{Te}_{1.19}\text{S}_{0.82/2.01}$

3. Составы, приведенные для жозеита-A								
23	Жозеит	Warren, Davis, 1940	79.3	12.2	6.0	Au, Cu	97.5	$\text{Bi}_{4.01}\text{Te}_{1.01}\text{S}_{1.98}$
23a	»	Peacock, 1941	82.7	12.0	6.0		100.7	$\text{Bi}_{4.09}\text{Te}_{0.97}\text{S}_{1.84}$
24	Жозеит-A	Минцер и др., 1968	80.80	12.38	6.72	Se 0.48	100.28	$\text{Bi}_{3.88}\text{Te}_{0.97}(\text{S}_{2.10}\text{Se}_{0.05})_{2.15}$
25	»	Groves, Hall, 1978	80.2	12.1	6.2	Ni 0.5, Ag 0.1, Pb 1.7	100.8	$(\text{Bi}_{3.90}\text{Ni}_{0.09}\text{Pb}_{0.08}\text{Ag}_{0.01})_{4.08}\text{Te}_{0.90}\text{S}_{1.96}$
26	»	Болдырева и др., 1979	81.0	11.4	7.8		100.2	$\text{Bi}_{3.77}\text{Te}_{0.87}\text{S}_{2.38}$
27	»	»	80.5	12.1	7.1		99.7	$\text{Bi}_{3.84}\text{Te}_{0.90}\text{S}_{2.31}$

Таблица 1 (продолжение)

Анализ	Название минерала	Автор	Содержание, мас. %				Сумма	Эмпирическая формула
			Bi	Te	S	другие		
28	Жозеит-А	Болдырева и др., 1979	81.3	14.2	7.4		99.9	$\text{Bi}_{3.85}\text{Te}_{0.87}\text{S}_{2.28}$
29	»	»	80.9	11.5	7.8		100.2	$\text{Bi}_{3.76}\text{Te}_{0.88}\text{S}_{2.36}$
30	Ряд жозеита-А	Гаминин и др., 1980	80.7	14.79	6.36	Pb 0.38	99.23	$(\text{Bi}_{3.93}\text{Pb}_{0.02})_{3.94}\text{Te}_{1.06}\text{S}_{2.05}$
31	»	»	80.41	13.26	6.2	Pb 0.16, Sb 0.03, Se 0.13	100.19	$(\text{Bi}_{3.93}\text{Pb}_{0.01})_{3.94}\text{Te}_{1.06}(\text{S}_{1.98}\text{Se}_{0.02})_{2.00}$
32	»	»	80.76	12.72	5.93	Pb 0.08, Sb 0.12, Se 0.17	99.78	$(\text{Bi}_{4.01}\text{Sb}_{0.01})_{4.02}\text{Te}_{1.03}(\text{S}_{1.92}\text{Se}_{0.02})_{1.94}$
33	»	»	79.43	11.62	5.77	Pb 0.59	97.41	$(\text{Bi}_{4.07}\text{Pb}_{0.03})_{4.10}\text{Te}_{0.97}\text{S}_{1.33}$
4. Составы, приведенные для жозеита - В								
34	Жозеит-В	Липовецкий, 1978	73.13	23.39	2.72	Pb 1.65	100.89	$(\text{Bi}_{3.99}\text{Pb}_{0.09})_{4.00}\text{Te}_{2.05}\text{S}_{0.95}$
35	Ряд жозеита-В	Гаминин и др., 1980	74.09	24.71	2.80		101.6	$\text{Bi}_{3.91}\text{Te}_{2.13}\text{S}_{0.96}$
36	»	»	71.65	22.12	2.84	Pb 0.62, Se 0.31	97.54	$(\text{Bi}_{3.92}\text{Pb}_{0.03})_{3.95}\text{Te}_{1.98}(\text{S}_{1.01}\text{Se}_{0.04})_{1.05}$
37	»	»	74.82	20.87	2.99	Pb 0.45	99.13	$(\text{Bi}_{4.06}\text{Pb}_{0.02})_{4.08}\text{Te}_{1.86}\text{S}_{1.06}$
38	»	»	72.75	22.84	2.69	Pb 0.41	98.69	$(\text{Bi}_{3.98}\text{Pb}_{0.02})_{4.00}\text{Te}_{2.04}\text{S}_{0.96}$
39	»	»	74.48	22.79	2.97	Pb 0.3, Sb 0.04, Se 0.08	100.66	$(\text{Bi}_{3.96}\text{Pb}_{0.02})_{3.98}\text{Te}_{1.98}(\text{S}_{1.03}\text{Se}_{0.01})_{1.04}$
40	»	»	69.7	28.27	1.94		99.91	$\text{Bi}_{3.79}\text{Te}_{2.52}\text{S}_{0.69}$
41	»	»	70.16	27.13	2.12	Pb 0.82	100.23	$(\text{Bi}_{3.80}\text{Pb}_{0.04})_{3.84}\text{Te}_{2.41}\text{S}_{0.75}$
5. Составы с соотношением элементов $\text{Bi}_4(\text{Te}, \text{S})_3$								
42	Висмутовый теллурид	Koch, 1948	81.76	9.10	8.23	H. o. 1.12	100.21	$\text{Bi}_{3.96}(\text{Te}_{0.44}\text{S}_{2.60})_{3.04}$
43	Жозеит-В	Thompson, 1949	75.14	19.25	3.64	Pb 0.68, Fe 0.52, H. o. 0.30	99.53	$(\text{Bi}_{3.94}\text{Pb}_{0.04}\text{Fe}_{0.10})_{4.08}(\text{Te}_{1.66}\text{S}_{1.25})_{2.91}$
44	Свинцово-содержащий жозеит	Дунин-Барковская и др., 1968	72.9	18.4	4.2	Pb 4.7	100.2	$(\text{Bi}_{3.78}\text{Pb}_{0.25})_{4.03}(\text{Te}_{1.56}\text{S}_{1.42})_{2.98}$
45	Жозеит-С	Годовиков и др., 1971	83.75	8.85	7.22	Pb 0.76, Sb 0.12	100.70	$(\text{Bi}_{4.01}\text{Pb}_{0.04}\text{Sb}_{0.01})_{4.06}(\text{Te}_{0.69}\text{S}_{2.25})_{2.94}$
46	Оруэит	Огтоев и др., 1974	79.1	7.1	6.8	Pb 4.8, As 1.6, Se 0.4	100.0	$(\text{Bi}_{3.81}\text{Pb}_{0.23}\text{As}_{0.04})_{4.04}(\text{Te}_{0.56}\text{S}_{2.13}\text{As}_{0.21}\text{Se}_{0.05})_{2.95}$
6. Составы с иными соотношениями								
47	Жозеит	Genth, 1886	81.23	14.67	2.84	Se 1.46	100.20	$\text{Bi}_{7.00}(\text{Te}_{2.07}\text{S}_{1.60}\text{Se}_{0.33})_{4.00}$
48	Висмутовый теллурид	Koch, 1948	81.58	8.65	9.42		99.65	$\text{Bi}_{6.99}(\text{Te}_{0.74}\text{S}_{2.29})_{6.00}$
49	Жозеит-В	Болдырева и др., 1979	78.2	18.21	3.91		100.3	$\text{Bi}_{7.03}(\text{Te}_{2.68}\text{S}_{2.29})_{4.97}$

Примечание. Все анализы пересчитаны нами.

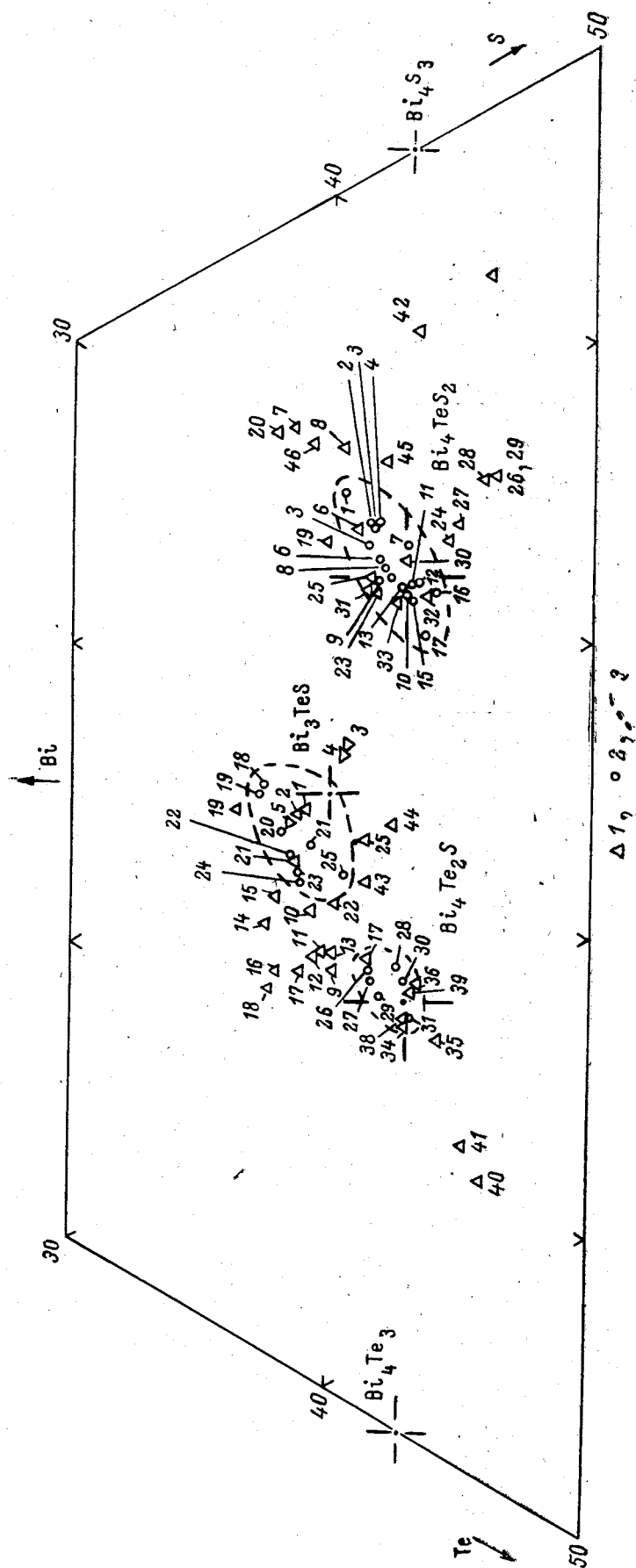


Диаграмма химического состава природных сульфотеллуридов висмута семейства жозеитов (ат. %).

1 — литературные данные, 2 — данные авторов, 3 — контуры гомогенной области. Номера соответствуют номерам анализов в табл. 1 и 2.

Таблица 2

Химические составы изученных сульфотеллуридов висмута

Анализ	Образец	Содержание, мас. %					Сумма	Химическая формула
		Bi	Pb	Te	S	Se		

1. Состав жозеита - А

1	113	87.2		7.8	6.3	0.4	101.7	$\text{Bi}_{4.30}\text{Te}_{0.63}(\text{S}_{2.02}\text{Se}_{0.05})_{2.07}$
2	112	86.4		8.4	6.2	0.2	101.2	$\text{Bi}_{4.29}\text{Te}_{0.68}(\text{S}_{2.00}\text{Se}_{0.03})_{2.03}$
3	111	86.2		8.4	6.1	0.3	101.0	$\text{Bi}_{4.29}\text{Te}_{0.69}(\text{S}_{1.98}\text{Se}_{0.04})_{2.02}$
4	20	86.2	0.3	9.0	5.9	0.1	101.5	$(\text{Bi}_{4.31}\text{Pb}_{0.02})_{4.33}\text{Te}_{0.74}(\text{S}_{1.92}\text{Se}_{0.01})_{1.93}$
5	43	81.2	1.8	10.7	6.1	0.5	100.3	$(\text{Bi}_{4.01}\text{Pb}_{0.09})_{4.10}\text{Te}_{0.87}(\text{S}_{1.97}\text{Se}_{0.07})_{2.04}$
6	84	82.3	0.8	11.3	6.3		100.7	$(\text{Bi}_{4.04}\text{Pb}_{0.04})_{4.08}\text{Te}_{0.91}\text{S}_{2.02}$
7	77	82.2		11.6	6.6		100.4	$\text{Bi}_{3.99}\text{Te}_{0.92}\text{S}_{2.09}$
8	38	81.5	1.3	11.8	5.9	0.9	101.4	$(\text{Bi}_{3.99}\text{Pb}_{0.06})_{4.05}\text{Te}_{0.96}(\text{S}_{1.88}\text{Se}_{0.12})_{2.00}$
9	26	80.4	1.4	11.8	6.1		99.7	$(\text{Bi}_{3.99}\text{Pb}_{0.07})_{4.06}\text{Te}_{0.96}\text{S}_{1.98}$
10	45	80.5	2.0	12.2	6.2		100.9	$(\text{Bi}_{3.94}\text{Pb}_{0.10})_{4.04}\text{Te}_{0.96}\text{S}_{1.98}$
11	37a	79.4	1.2	12.5	6.2		99.3	$(\text{Bi}_{3.93}\text{Pb}_{0.08})_{3.99}\text{Te}_{1.01}\text{S}_{2.00}$
12	127a	79.2		12.5	6.2		97.9	$\text{Bi}_{3.96}\text{Te}_{1.02}\text{S}_{2.02}$
12a	127b	79.7		12.6	6.2		98.5	$\text{Bi}_{3.96}\text{Te}_{1.03}\text{S}_{2.01}$
13	4a	81.5		12.6	6.2		100.3	$\text{Bi}_{4.03}\text{Te}_{1.02}\text{S}_{2.00}$
14	115	79.4	1.2	12.6	6.1		99.3	$(\text{Bi}_{3.93}\text{Pb}_{0.06})_{3.99}\text{Te}_{1.01}\text{S}_{2.00}$
11a	36a-1	81.7		12.8	6.3		100.8	$\text{Bi}_{3.98}\text{Te}_{1.02}\text{S}_{2.00}$
15	46	80.5		12.9	6.1		99.5	$\text{Bi}_{4.04}\text{Te}_{1.06}\text{S}_{2.00}$
16	37	78.3	1.1	13.3	6.2	0.2	99.1	$(\text{Bi}_{3.86}\text{Pb}_{0.06})_{3.92}\text{Te}_{1.07}(\text{S}_{1.99}\text{Se}_{0.03})_{2.02}$
16a	36a-2	77.6	1.8	13.3	6.2		98.9	$(\text{Bi}_{3.84}\text{Pb}_{0.09})_{3.93}\text{Te}_{1.08}\text{S}_{2.00}$
17	3	77.4	1.7	14.3	5.6	0.5	99.5	$(\text{Bi}_{3.86}\text{Pb}_{0.09})_{3.95}\text{Te}_{1.17}(\text{S}_{1.82}\text{Se}_{0.07})_{1.89}$

2. Состав прото-жозеита

18	26a	80.2	1.5	14.4	3.8		99.9	$(\text{Bi}_{3.08}\text{Pb}_{0.06})_{3.14}\text{Te}_{0.91}\text{S}_{0.95}$
19	26	79.9	1.3	14.6	3.4	0.7	99.9	$(\text{Bi}_{3.09}\text{Pb}_{0.05})_{3.14}\text{Te}_{0.93}(\text{S}_{0.86}\text{Se}_{0.07})_{0.93}$
20	129a	79.6		16.0	3.5		99.1	$\text{Bi}_{3.09}\text{Te}_{1.02}\text{S}_{0.89}$
21	116	79.4	0.2	16.4	3.6		99.6	$(\text{Bi}_{3.05}\text{Pb}_{0.01})_{3.06}\text{Te}_{1.04}\text{S}_{0.90}$
22	27a-26	79.1		16.7	3.4		99.2	$\text{Bi}_{3.08}\text{Te}_{1.06}\text{S}_{0.86}$
23	27a-1	78.8		17.4	3.3		99.5	$\text{Bi}_{3.06}\text{Te}_{1.11}\text{S}_{0.83}$
24	27a-2a	79.2		18.0	3.3		100.5	$\text{Bi}_{3.04}\text{Te}_{1.13}\text{S}_{0.83}$
25	129b	77.6		18.3	3.5		99.4	$\text{Bi}_{2.98}\text{Te}_{1.15}\text{S}_{0.87}$

3. Состав жозеита - В

26	36a-3	75.4		21.2	2.9		99.5	$\text{Bi}_{4.09}\text{Te}_{1.88}\text{S}_{1.03}$
27	27	75.3		21.4	2.5	0.9	100.1	$\text{Bi}_{4.11}\text{Te}_{1.92}(\text{S}_{0.89}\text{Se}_{0.09})_{0.97}$
28	48	74.9		21.8	3.1		99.8	$\text{Bi}_{4.01}\text{Te}_{1.91}\text{S}_{1.08}$
29	76	75.1		22.0	2.6	0.5	100.2	$\text{Bi}_{4.06}\text{Te}_{1.95}(\text{S}_{0.92}\text{Se}_{0.07})_{0.99}$
30	36b	74.3		22.1	3.0		99.4	$\text{Bi}_{4.00}\text{Te}_{1.95}\text{S}_{1.05}$
31	88	72.8	1.1	23.1	2.8		99.8	$(\text{Bi}_{3.92}\text{Pb}_{0.06})_{3.98}\text{Te}_{2.04}\text{S}_{0.98}$

Примечание. Условия анализа: рентгеновский микроанализатор MAP-2, ускоряющее напряжение 35 кВ, аналитические линии для Bi, Pb, Te — L_{α_1} , для S, Se — K_{α_1} . Эталоны — висмут, галенит, синтетические PbTe, PbSe, Bi₂Te₃. Вводились поправки на поглощение и атомный номер (Springer, 1967).

Срастания жозеита (до 15×5×3 мм), висмутит и самородного висмута в кварце.

Обр. 20 — «жозеит-А» (минералогический музей ИМГРЭ, из материала, изученного Э. Ф. Минцером (Минцер и др., 1968)), Устарасай. Отдельные пластинки (до 5×3×0.5 мм) и листочки-спайные выколы.

Обр. 43 — «тетрадимит» (музей ИМГРЭ, поступило от Н. Д. Синдевой), Ключ Рябый, Магаданская обл. Жозеит (до 10×4 мм) в кварце.

Обр. 84 — «тетрадимит» (шлифотека кабинета минералогии ИМГРЭ, № 34), Ойгаинг, Киргизская ССР. Жозеит (0.5×0.3 мм) в срастании с самородным золотом (около 0.05 мм) в кварце.

Обр. 77 — «дрюблингит» (минералогический музей ЛГИ, № 31a/2, пробы получены нами от В. И. Степанова, ИМГРЭ), Брэнди-Джилл, Камберленд, Англия. Остатки большого скопления жозеита (7×7 и 8×2 мм) в кварце.

Обр. 26 и 38 — «жозеит-А» (музей ИМГРЭ), Малышевское, Изумрудные копи, Урал, Сrostки висмута и чешуек (до 5 мм) сульфотеллуридов.
Обр. 45 — «жозеит-А» (музей ИМГРЭ, поступило от Р. М. Томпсона через Н. Д. Синдееву), Глэсьер-Галч, Британская Колумбия, Канада. Одиночные зерна висмута и жозеита (до 8 мм) и их срastания в кварце.

Обр. 37 — «жозеит и тетрадимит» (музей ИМГРЭ, поступило через Н. Д. Синдееву от Е. И. Доломановой и И. Ф. Григорьева, исследовавших этот материал (Григорьев, Доломанова, 1955)), Ингода, Центральное Забайкалье. Отдельные зерна (около 1 мм).

Обр. 127, 115, 116 и 129 — «грюнлингит» и «жозеит» получены от проф. Д. Грасселли из «коллекции Ш. Коха» Института минералогии, геохимии и петрографии Сегедского университета, ВНР. Образцы из материала, исследованного Ш. Кохом (Koch, 1948) и Д. Грасселли (Grassely, 1948), Рецбанья, Бихор, Румыния. Выколы по спайности — отдельные листочки и пластинки (до $7 \times 1 \times 1$ мм) жозеита (обр. 127) и крупное однородное выделение жозеита (10×6 мм) (обр. 115), крупная пластинка ($16 \times 7 \times 3$ мм — обр. 116), отдельные листочки и пластинки (до $8 \times 6 \times 1.2$ мм — обр. 129).

Обр. 36 и 3 — «жозеит» (музей МГРИ, № 1419), Сан-Жозе, Минас-Жерайс, Бразилия. Выколы по спайности — отдельная пластинка ($5 \times 3.6 \times 0.5$ мм — обр. 36) и отдельный листок ($5 \times 3 \times 0.1$ мм — обр. 3).

Обр. 4 — «грюнлингит» (музей МГРИ, № 27303), Кэррок-Фелл, Камберленд, Англия. Срastание висмутита и жозеита ($8 \times 6 \times 3$ мм).

Обр. 27 — «теллурид висмута» (музей ИМГРЭ), Малышевское. Сrostок (2×1.5 см) висмутита и пластинок жозеита.

Обр. 48 — «жозеит-В» (музей ИМГРЭ, поступило от Р. М. Томпсона через Н. Д. Синдееву), Хедли, Британская Колумбия, Канада. Листоватые агрегаты (до 5×1.5 мм), сложенные жозеитом и срastаниями жозеита с самородным висмутом в кварце.

Обр. 76 — «тетрадимит» (музей ЛГИ, № 31/7, фрагмент образца получен от В. И. Степанова), Бурчагыкан, Магаданская обл. Широкие пластинки пумокита (до 40×25 мм), оконтуренные мелкочешуйчатым агрегатом (шириной около 1 мм) сульфотеллуридов, в кварце.

Обр. 88 — «теллурид висмута» (шлифотека кабинета минералогии ИМГРЭ, № 164), Эргелях, Якутская АССР. Срastание сульфотеллуридов (до 6×3 мм) в кварце.

Полученные результаты. Большая часть изученных образцов содержит минерал, по химическому составу и структуре идентичный сульфотеллуриду висмута Bi_4TeS_2 , т. е. жозеиту-А (табл. 2—4). Судя по рентгеноструктурным характеристикам, к такому жозеиту относятся и сходные составы минерала, отклоняющиеся от идеального содержания до эмпирических отношений $\text{Bi} : (\text{Te}, \text{S}) = 8 : 5$ (ан. 111, 112, 113 и 20), $7 : 5$ (ан. 43 и 84) и $9 : 7$ (ан. 37 и 36а-2). Исходя из закономерности, свойственной слоистым халькогенидам висмута, количество слоев в структуре минерала равно количеству атомов в элементарной ячейке, а основной структурный мотив повторяется в ячейке Z раз. Как известно (Реасокс, 1941), жозеит-А имеет 21-слойную структуру. Следовательно, она обуславливает химическую формулу, состоящую (при $Z=3$) из 7 атомов. Из пересчета видно (табл. 2), что больше половины составов близки стехиометрии Bi_4TeS_2 , причем примеси, отмеченные в некоторых анализах, группируются с химически близкими элементами — свинец с висмутом, селен с серой. Другие же составы, относящиеся к этому жозеиту, имеют отклонения от стехиометрии в основном за счет взаимозамещения висмута и теллура, поэтому в его химическую формулу, как и показал в свое время М. А. Пикок (Реасокс, 1941), следует ввести переменную величину: $\text{Bi}_{4+x}\text{Te}_{1-x}\text{S}_2$. Кроме того, в двух случаях против идеального содержания отмечен избыток серы и в двух — недостаток, следовательно, в общем виде формула должна иметь еще одну переменную величину: $\text{Bi}_{4+x}\text{Te}_{1-x-y}\text{S}_{2+y}$ (при x от -0.08 до 0.33 , y от -0.11 до 0.09). Возможность частичного взаимозаме-

щения висмута и теллура была установлена нами ранее у теллуридов висмута, структуры которых являются основой для соответствующих сульфотеллуридов, в частности у верлита (пильзенита) $\text{Bi}_{4-x}\text{Te}_{3+x}$ (Завьялов и др., 1978; Завьялов, 1981), 21-слойная структура которого — основа для 21-слойных жозеитов. Замещения теллура серой тоже известны, например у тетрадимита. Итак, химические составы жозеита-А, определенные на рассмотренном материале, образуют локальную гомогенную область (см. рисунок). К этой области примыкают известные из литературы составы проблематичных минералов — оруэита $\text{Bi}_8\text{TeS}_4^1$ (de Rúbies, 1919; Онтоев и др., 1974) и жозеита-С $\text{Bi}_{16}(\text{TeS}_3)_3$ (Годовиков и др., 1974). Рентгенограммы этих сульфотеллуридов имеют характерные черты жозеита-А, т. е. выделение их в качестве самостоятельных минералов не имеет смысла — определенно их следует отнести к этому жозеиту. Судить о других находящихся вблизи от его области составах без надежных сведений о структуре не представляется возможным.

В изученных образцах установлен сульфотеллурид висмута, рентгенограмма которого соответствует жозеиту-В (табл. 3 и 4). Надо сказать, что на одном из рассмотренных образцов (обр. 48, Хедли) этот жозеит был впервые подтвержден определением его химического состава (Завьялов, Бегизов, 1978). В последнее время подобные составы приведены в литературе для минералов из месторождений Тырныауз (Липовецкий, 1978) и Восточной Якутии (Гамянин и др., 1980) — (табл. 1). Среди установленных нами составов, относящихся, судя по рентгенограммам к жозеиту-В, помимо близких к стехиометрии $\text{Bi}_4\text{Te}_2\text{S}$, два состава имеют отклонения от идеального содержания до эмпирического отношения $\text{Bi} : (\text{Te}, \text{S}) = 7 : 5$ (ан. 27 и 36а-3). Следовательно, и у этого жозеита существует локальная область гомогенности, обусловленная взаимозамещением висмута и теллура (см. рисунок). Структура у жозеита-В так же, как у жозеита-А, 21-слойная (Peacock, 1941), поэтому его химический состав тоже пересчитан на химическую формулу, состоящую из 7 атомов (табл. 2). Полученные соотношения подтверждают формулу, предложенную для этого минерала М. А. Пикоком (Peacock, 1941), $\text{Bi}_{4+x}\text{Te}_{2-x}\text{S}$ (при x от -0.04 до 0.11).

Прежде чем перейти к рассмотрению еще одного сульфотеллурида висмута, изученного в работе, необходимо отметить важный факт — сравнение жозеитов-А и -В, установленное в образце из Сан-Жозе (обр. 36). Этот факт убедительно свидетельствует о самостоятельности этих двух минералов.

Не менее важное значение для понимания природы семейства жозеитов имеет исследование образцов из Малышевского месторождения, в которых жозеиты-А и В сосуществуют с соединениями, обладающими промежуточными между ними составами, приблизительно отвечающими формуле Bi_3TeS (табл. 2). Как известно (табл. 1), подобные составы принадлежат первоначальному жозеиту из Сан-Жозе и Рецбанья, однако, как уже отмечалось, их необоснованно относили к другим минералам (жозеиту-В, минералу-Л). В табл. 2 видно, что состав этих сульфотеллуридов варьирует, поэтому для их понимания решающее значение имели сведения о структуре. Рентгеновские данные показали, что эти соединения относятся к одному минералу, имеющему 30-слойную структуру. Интерпретация полученных дебаграмм основана на общей закономерности, присущей слоистым халькогенидам висмута, у которых на рентгенограммах присутствуют основные рефлексы подструктуры, обусловленной трехслойной упаковкой атомов, и характеристические рефлексы сверхструктуры, зависящей от типа заполнения слоев атомами висмута и халькогена и от их группировки в соответствующие пакеты. Относительное расположение на дебаграммах линий сверх- и подструктуры дает возможность определять значения ин-

¹ Впервые такой состав получен усреднением результатов семи химических анализов неоднородного материала из месторождения Серраниа-де-Ронда (Малага, Испания). Для таких же образцов известны рентгеновские данные (Garrido, Feo, 1938; Peacock, 1941).

Сопоставление результатов расчета типичных дебаеграмм жозентов

Жозент-А					Жозент-В					Прото-жозент				
обр. 45					обр. 48					Бегу, Thompson, 1962				
I	d/n	hkil	I	d/n	hkil	I	d/n	hkil	I	d/n	hkil	I	d/n	hkil
3	4.41	0009	2	4.40	0009	3	4.53	0009	2	4.53	0009	3	4.44	0.0.0.13 *
1	3.64	1012	2	3.62	0112	1	3.71	1012	1	3.69	0112	1	3.69	1013 *
2	3.33	1015, 0.0.0.12	1	3.31	0.0.0.12	1	3.41	1015, 0.0.0.12	1	3.41	0115, 0.0.0.12	1	3.43	1017
10	3.10	1017	10	3.08	1017	10	3.17	1017	10	3.16	1017	10	3.15	1.0.1.10
1	2.71	1.0.1.10										1	2.78	1.0.1.14
1	2.65	0.0.0.15										1	2.71	1.0.1.15 *
2	2.59	1.0.1.11	2	2.58	1.0.1.11	2	2.65	1.0.1.11	1	2.64	0.1.1.11	2	2.60	1.0.1.16
						1	2.42	1.0.1.13				1	2.47	101.18 *
8	2.25	1.0.1.14	5	2.24	0.1.1.14	7	2.31	1.0.1.14	4	2.30	0.1.1.14	1	2.37	1.0.1.19
2	2.21	0.0.0.18				2	2.28	0.0.0.18				7	2.29	1.0.1.20
												1	2.22	0.0.0.26 *
3	2.13	1120	5	2.11	1120	3	2.17	1120	5	2.17	1120	3	2.17	1120
3	2.06	1.0.1.16	1	2.06	1.0.1.16	3	2.12	1.0.1.16	1	2.12	1.0.1.16	2	2.09	1.0.1.23
3	1.973	1.0.1.17	1	1.973	0.1.1.17	1	2.03	1.0.1.17	1	2.04	0.1.1.17	1	2.03	1.1.2.10 *
						3	1.955	0.0.0.21	2	1.949	0.0.0.21	1	1.950	1.0.1.24 *
1	1.915	1129	2	1.899	0.0.0.21							2	1.927	1.1.2.13 *
3	1.894	0.0.0.21				1	1.868	1.0.1.19				1	1.869	2023 *
						1	1.832	112.12, 2025						
2	1.823	1.0.1.19	1/2	1.824	1.0.1.19							1	1.823	1.1.2.17 *

1	1.787	1.1.2.12	1/2	1.784	1.1.2.12	3 III	1.792	2027, 1.0.1.20	3	1.784	0227	2	1.787	2.0.2.10
3	1.752	2027, 1.0.1.20	3	1.749	0227							1	1.757	1.0.1.29
3	1.658	1.1.2.15, 0.0.0.24	1	1.658	0.0.0.24		1.710 1.679	2.0.2.10 2.0.2.11				1	1.711	2.0.2.14
2	1.623	1.0.1.22	1/2	1.621	1.0.1.22	2	1.613	1.1.2.17 *				1	1.667	2.0.2.16, 1.0.1.31
1	1.566	1.0.1.23				3	1.580	2.0.2.14				3	1.588	1.0.1.33 *
3	1.545	2.0.2.14	3	1.542	2.0.2.14	3	1.571	1.1.2.18	2	1.570	1.1.2.18	4	1.571	2.0.2.20
2	1.532	1.1.2.18										2	1.552	1.1.2.26 *
1	1.461	1.0.1.25				2	1.519	0.0.0.27				1	1.529	2.0.2.22
1	1.447	2.0.2.17				1	1.504	1.0.1.25				2	1.520	1.1.2.27
4	1.415	1.1.2.21	2	1.413	1.1.2.21	4	1.451	1.1.2.21	1	1.447	1.1.2.21	4	1.441	0.0.0.38 *
														1.1.2.30, 1.0.1.37
3	1.350	1237, 2.0.2.20	3	1.349	2137		1.380 1.366	1237 0.0.0.30, 1.0.1.28	2	1.379	2.0.2.20	4	1.390	2.0.2.28
1	1.328	0.0.0.30				1	1.344	1.1.2.24				1	1.352	1.2.3.13
3	1.308	1.1.2.24				1	1.329	2.1.3.11				1	1.342	2.1.3.14
1	1.287	1.0.1.29					1.294	2.0.2.23						
1	1.261	2.0.2.23				1	1.278	2.1.3.14	1	1.278	1.2.3.14	2	1.274	2.1.3.20
2	1.250	2.1.3.14	2	1.249	1.2.3.14	4	1.244	3030	1	1.249	3030	4	1.251	3030
1	1.227	3030	1/2	1.225	3030		1.213	1.0.1.32				2	1.223	3.0.3.10 *
3	1.213	1.0.1.31	2	1.212	2.1.3.16	1	1.213	1.0.1.32				1	1.194	3.0.3.15, 1.0.1.46
1	1.179	3039, 1.0.1.32	1/2	1.180	3039	1	1.168	2.1.3.20				1	1.169	1.2.3.28
1	1.160	1.2.3.19				1	1.156	1.1.2.30, 2.0.2.28						

Таблица 3 (продолжение)

Жюзеит-А				Жюзеит-В				Прото-жесюит			
обр. 45				обр. 48				обр. 116			
Бегу, Thompson, 1962				Бегу, Thompson, 1962				Бегу, Thompson, 1962			
I	d/n	hkl	I	d/n	hkl	I	d/n	hkl	I	d/n	hkl
2	1.126	2.0.2.28, 1.1.2.30				3	1.148	1.2.3.21 *	3	1.152	3.0.3.20 *
2	1.101	1.2.3.22				1	1.117	1.0.1.35	1	1.103	1.2.3.33 *
1	1.084	2.1.3.23				1	1.110	2.1.3.23	1	1.092	2.0.2.43
1	1.072	3.0.3.18				1	1.096	3.0.3.18	2	1.080	3.0.3.26 *, 2245 *
1	1.063	2240				1	1.084	3.0.3.19 *	2	1.065	3.0.3.27
2	1.053	2.0.2.31				2	1.074	1.2.3.25	2	1.050	2.2.4.10 *, 1.0.1.52
2	1.049	2246,				1	1.059	202.32	2	1.025	3.0.3.30,
3	1.030	1.1.2.33				2	1.025	3147	2	1.018	1.2.3.37
		3.0.3.21,				2	1.016	2.0.2.34	2		3.1.4.10,
		2.0.2.32				1	1.004	1.3.4.11	1		2.1.5.29
2	1.008	1.0.1.38				1	0.982	1.3.4.14			3.0.3.35 *, 1.3.4.12 *
1	1.005	3147									
1	0.994	1.2.3.28									
1	0.987	3.0.3.24, 2.2.4.15									
			1/2	0.985	1.1.2.36	1					
			+ еще 5 линий до 0.818 Å								

Примечание. Условия нашей съемки: FeK_α -излучение, камеры РКД-57.3, диаметр препаратов, приготовленных по методу С. Химстры (Hienstra, 1956) — 0.5 мм. При расчете дебаеграмм вводились поправки, полученные по эталонным веществам (NaCl, PbS, Bi_2Te_3). Индексы, отмеченные звездочкой (*), не отвечают условию ромбоэдричности ($h - k + l = 3n$).

Таблица 4

Структурные параметры жозеитов

Автор, образец	Название минерала	a, Å	c, Å	V Å ³	ρ _{изм.} г/см ³
Л и т е р а т у р н ы е д а н н ы е					
Reasock, 1941	Жозеит-А*	4.25	39.77	622.09	8.10
»	Жозеит-В *	4.34	40.83	666.00	
Минцер и др., 1968	Жозеит-А	4.24	39.84	620.25	
Дунин-Барковская и др., 1968	Pb-жозеит	4.25	40.02	626.00	
Д а н н ы е а в т о р о в					
113	Жозеит-А	4.245	39.81	621.25	8.38
43	»	4.248	39.86	622.91	8.29
77	»	4.255	39.81	624.18	8.12
38	»	4.259	39.87	626.30	8.25
26	»	4.262	39.88	627.34	8.21
45	»	4.250	39.82	622.87	8.26
1276	»	4.253	39.74	622.50	8.19
4a	»	4.261	39.79	625.63	8.25
115	»	4.259	39.71	623.78	8.20
37	»	4.258	39.82	625.22	8.14
3	»	4.256	39.74	623.37	8.30
27	Жозеит-В	4.346	40.96	669.97	8.46
48	»	4.341	40.99	668.92	8.31
76	»	4.349	40.91	670.08	8.42
366	»	4.340	40.70	663.88	8.39
26a	Протожозеит	4.340	57.65	940.37	8.51
129a	»	4.340	57.82	943.14	8.50
116	»	4.337	57.78	941.18	8.48
27a-1	»	4.330	58.19	944.80	8.52

Примечание. Отмеченные звездочкой (*) образцы описаны М. А. Пикоком под названиями: А — «жозеит из Британской Колумбии», В — «жозеит из Бразилии».

дексов рефлексов подструктуры (1.0.1. l_0) и сверхструктуры (0.0.0. l_s), а следовательно, истинный параметр c_0 гексагональной решетки и томотип структуры, причем индекс l_0 показывает количество слоев в структурном пакете и соответственно количество атомов в химической формуле. Расчеты по описанной ранее методике (Завьялов и др., 1976) показали, например для жозеитов-А и В $l_0 : l_s = 7 : 9$, отвечающее 21-слойной структуре (табл. 3 и 4). По дебаграммам третий жозеит напоминает жозеит-В, однако многие линии у них сместились или раздвоились, а также появились некоторые новые, но самое главное отличие состоит в том, что из относительного расположения на дебаграммах этого жозеита линий сверх- и подструктуры следует $l_0 : l_s = 10 : 13$, обусловленное 30-слойной структурой. Исходя из этого, химическая формула третьего жозеита должна состоять из 10 (при $Z=3$) или, как принято первоначально, из 5 (при $Z=6$) атомов. Из пересчета видно (табл. 2), что у этого жозеита имеются отклонения от стехиометрии Bi_3TeS , следовательно, в общем виде его химическая формула должна содержать тоже переменные величины: в $\text{Bi}_{3+x}\text{Te}_{1-x-y}\text{S}_{1+y}$ при (x от -0.02 до 0.14 , y от -0.05 до -0.17).

В дополнение к характеристике трех рассмотренных жозеитов следует отметить, что у жозеита-А все линии дебаграммы индицируются в соответствии с пространственной группой $R\bar{3}m$, принятой для этого минерала (табл. 3), а у жозеита-В, и особенно у третьего жозеита, индексы некоторых линий условию ромбоэдричности не отвечают, т. е., вероятно, у них пространственная группа одна из примитивных (табл. 3). Кроме того, из сопоставления полученных данных следует, что колебания параметров элементарной ячейки каждого жозеита не имеют строго прямой зависимости от химического состава (табл. 2 и 4).

Известна единственная публикация (Рихтер, 1967), в которой наряду с результатами изучения сплавов в системах Bi-Te и $\text{Bi}_2\text{Te}_3\text{-Bi}_2\text{S}_3$ приводятся также данные о сплавах внутренней части псевдотройной системы $\text{Bi-Bi}_2\text{Te}_3\text{-Bi}_2\text{S}_3$. В этой работе с помощью термического анализа и порошковой рентгенографии исследовались в основном не вполне однородные сплавы, поэтому в тех случаях, когда для диагностики соединений требовалась особая тщательность, сказалась приблизительность ее результатов. Тем не менее были впервые выявлены искусственные аналоги жозеитов-А и -В. Некоторые результаты, полученные нами для минералов этой системы, совпадают со сведениями, приведенными Т. Л. Рихтер, однако между ее и нашими данными имеются и существенные отличия. Так, в системе $\text{Bi-Bi}_2\text{TeS}_2$ для искусственного аналога жозеита-А установлена область гомогенности (57—60 ат. % Bi, при изменении отношения Te : S от 1 : 2 до 1 : 4), в пределы которой, хотя и приблизительно, но попадают составы изученных нами жозеитов-А (55.5—59 ат. % Bi; Te : S от 3 : 5 до 1 : 3). В системе же $\text{Bi-Bi}_2\text{Te}_2\text{S}$ показано распространение области гомогенности на основе $\text{Bi}_4\text{Te}_2\text{S}$ от 57 до 61 ат. % с отношением Te : S , равным 2 : 1 и 1 : 1, т. е. охватывающей и жозеит-В, состав которого, по нашим данным, колеблется от 57 до 58.6% с отношением S : Te около 0.5, и третий жозеит, у которого содержание висмута меняется от 59.6 до 62.9% при отношении S : Te приблизительно 1 : 1. Кроме того, в этой системе между висмутом и жозеитом-В показано неизвестное соединение $\text{Bi}_7\text{Te}_2\text{S}$, отсутствие которого в природе неудивительно, так как в некоторых образцах жозеит-В находится в сростании с самородным висмутом.

Таким образом, как видно из результатов проведенных исследований, в семействе жозеитов существуют три минерала: два структурно изотипных жозеита-А (сульфо-жозеит) и -В (теллу-ро-жозеит) и третий — жозеит, который собственно и был впервые назван «жозеитом». Ввиду того, что первые два названия укоренились в литературе, нами предлагается в качестве уточнения для третьего минерала название «протожозеит». У всех трех минералов за счет взаимозамещения висмута и теллура существуют локальные области гомогенности. Известные в литературе составы, попадающие в эти области, можно достоверно отнести к соответствующему минералу. Толкование же всех прочих составов нуждается в уточнении и, конечно, в надежных рентгеноструктурных данных.

В заключение авторы считают своим приятным долгом выразить глубокую признательность В. И. Степанову и М. С. Безмертной за предоставленные образцы и внимание к работе.

Литература

- Болдырева М. М., Добрецова И. Г., Сорокин Н. Д. (1979). Сульфотеллуриды висмута Сосукчанского месторождения (Северо-восточная Якутия). Минералы и парагенезисы минералов горных пород и руд. «Наука».
- Гамянин Г. Н., Лескова Н. В., Бочек Л. И. (1980). Состав и свойства сульфотеллуридов висмута из месторождений Восточной Якутии. В кн.: Сульфосоли и платиновые минералы и рудная микроскопия. «Наука».
- Годовиков А. А., Кочетков К. В., Лаврентьев Ю. Г. (1971). Сульфотеллуриды висмута месторождения Сохондо. ЗВМО, вып. 3.
- Григорьев И. Ф., Доломанова Е. И. (1955). Жозеит из грейзенового оловорудного месторождения Центрального Забайкалья. Тр. Минер. музея им. А. Е. Ферсмана, вып. 7.
- Дружинин А. В., Онтюев Д. О., Игнатов А. В., Соколов Е. М., Цепин А. И. (1975). Стадийность и минеральные ассоциации сульфидно-пиритового месторождения Кти-Теберда (Северный Кавказ). ГРМ, № 5.
- Дунин-Барковская Э. А., Лидер В. В., Рожанский В. Н. (1968). Свинцосодержащий жозеит из Устарасая. ЗВМО, вып. 3.
- Завьялов Е. Н. (1981). О конституции теллуридов висмута. В кн.: Новые данные о минералах, № 29.
- Завьялов Е. Н., Бегизов В. Д., Нечелюстов Г. Н. (1976). Новые данные о хедлиите. ДАН СССР, т. 230, № 6.
- Завьялов Е. Н., Бегизов В. Д., Степанов В. И. (1978). Перепределение верлита, первая находка цумонта в СССР. ЗВМО, вып. 5.

- Завьялов Е. Н., Бегизов В. Д. (1978). О новых типах сульфотеллуридов висмута. Изв. ВУЗ. Геол. и разв., № 10.
- Липовецкий А. Г. (1978). Особенности химического состава теллуридов висмута Тырнаузского рудного поля: ВИНТИ, № 23.
- Минцер Э. Ф., Мымрин В. А., Исаева К. Г. (1968). Жозеит-А из Средней Азии. ДАН СССР, т. 178, № 2.
- Онтоев Д. О., Тронева Н. В., Цепин А. И., Вяльсов Л. Н., Басова Г. В. (1974). Первая находка оруэита в СССР. ЗВМО, вып. 3.
- Онтоев Д. О., Дружинин А. В., Вяльсов Л. Н., Цепин А. И. (1978). Сульфотеллуриды висмута Кти-Тебердинского месторождения (Северный Кавказ). ЗВМО, вып. 2.
- Рихтер Т. Л. (1967). К вопросу о сульфотеллуридах висмута и их искусственных аналогах. Экспериментальные исследования в области минералогии и геохимии редких элементов. «Наука».
- Финашин В. К., Литаврина Р. Ф., Романенко И. М., Чубаров В. М. (1979). Икунолит Высокогорского месторождения (Приморье). ЗВМО, вып. 3.
- Berry L. G., Thompson R. M. (1962). X-ray powder data for ore minerals. The Peacock atlas. Mem. Geol. Soc. Amer., v. 85.
- Damour (1845) — in Peacock (1941).
- Garrido J., Feo R. (1938). Sur les sulfotellurures de bismuth. Bull. Soc., franc. Miner., v. 61.
- Genth (1886) — in Peacock (1941).
- Grasselly J. (1948). Analyses of some bismuth minerals. Acta miner., petrogr., t. 2.
- Groves D. I., Hall S. R. (1978). Argentinian pentlandite with parkerite, joesite-A and the probable Bi analogue of ullmannite from Mount Windarra, Western Australia. Canad. Miner., v. 16, pt. 1.
- Hiemstra S. A. (1956). An easy method to obtain X-ray diffraction patterns of small amounts of material. Amer. Miner., v. 41, N. 5—6.
- Kennigott (1853) — in Peacock (1941).
- Koch S. (1948). Bismuth minerals in the Carpathian Basin. Acta miner., petrogr., t. 2.
- Mingaye (1916) — in Peacock (1941).
- Peacock M. A., Berry L. G. (1940). Röntgenographic observations on ore minerals. Univ. Toronto Stud., Geol. ser., v. 44.
- Peacock M. A. (1941). On joesite, grünlingite, oruete. Univ. Toronto stud., Geol. ser., v. 46.
- De Rúbies (1919) — in Peacock (1941).
- Springer G. (1967). Die Berechnung von Korrekturen für die quantitative Elektronenstrahl-Mikroanalyse. Fortschr. Miner., v. 45, N 1.
- Thompson R. M. (1949). The telluride minerals and their occurrence in Canada. Amer. Miner., v. 34, N 5—6.
- Warren H. V., Davis P. (1940). Some bismuth minerals from British Columbia. Univ. Toronto stud., Geol. ser., v. 44.

Московский геологоразведочный институт.

Поступила в редакцию
20 июня 1982 г.

УДК 549.623.5 : 553.2 : 553.411

Д. члены М. И. НОВГОРОВОДА, С. В. СОБОЛЕВА, Е. В. ВЛАСОВА

ТИПОМОРФИЗМ ДИОКТАЭДРИЧЕСКИХ СЛЮД ЗОЛОТОРУДНЫХ МЕСТОРОЖДЕНИЙ

Среди разнообразных представителей диоктаэдрических слюд, распространенных в природе, в золоторудных месторождениях известны главным образом калиевые и калиево-натровые алюминиевые слюды, реже их разновидности, обогащенные хромом. Литиевые и литийсодержащие диоктаэдрические слюды, характерные для целого ряда редкометальных месторождений, золотым рудам несвойственны. Обычными и широко распространенными минералами золоторудных месторождений являются мусковит и его мелкочешуйчатая разновидность серицит, которые участвуют в составе регионально метаморфизованных вмещающих пород, околорудных метасоматитов березит-лиственитовой либо аргиллизитовой формаций и золотоносных кварцевых жил. Парагонит известен лишь в немногих золоторудных месторождениях главным образом среди лиственитов, развивающихся по основным породам. Относительно чаще