

НОВЫЕ ДАННЫЕ ПО МИНЕРАЛОГИИ РУД САФЬЯНОВСКОГО МЕСТОРОЖДЕНИЯ

В.П. Молошаг, С.Г. Тесалина, И.В. Викентьев, Ж.Ж. Оржеваль, Т.Я. Гуляева

Предлагаемая статья включает новые материалы по минералогии участков развития штокверковых и прожилково-вкрапленных руд Сафьяновского месторождения и развивающихся по ним рудных столбов. Мы не касаемся геологического строения и генетических моделей образования месторождения, поскольку эти вопросы подробно излагаются в других публикациях [Коротеев и др., 1997; Прокин и др., 2002; Язева и др., 1991].

Сафьяновское месторождение представляет собой одно из немногих месторождений Урала, где прожилково-вкрапленные руды составляют значительную долю 43.7 % от общих запасов руды. Среди руд встречаются обогащенные медью участки, рудные столбы. Наряду с медью, которая практически полностью концентрируется в халькопирите, в них накапливается теллур, что проявляется в количестве и разнообразии находок теллуридов. Рудные столбы отличаются значительными концентрациями селена и висмута при низких содержаниях цин-

ка, свинца, мышьяка и сурьмы (см. табл. 1). Аналогичные, обогащенные медью, руды выделяются на Кафанском месторождении, где также встречаются теллуриды висмута и других металлов [Афанасьева, 1971].

Изучение коллекции полировок из образцов керна разведочных скважин позволило получить дополнительные данные по минералогии руд. Появились новые находки сульфотеллурида висмута $\text{Bi}_3\text{Te}_3\text{S}$, большая часть которых связана с рудными столбами, развивающимся по прожилково-вкрапленным рудам Сафьяновского месторождения. Он наблюдается в виде включений в пирите, халькопирите и, реже в гнездах, прожилках кварца, хлорита, карбоната. Фаза $\text{Bi}_3\text{Te}_3\text{S}$ ассоциирует с теллуридами висмута и серебра. Составу минерала отвечает обобщенная формула $(\text{Bi,Pb})_3(\text{Te,S})_4$, которая позволяет учитывать наличие раклиджита Bi_2PbTe_4 в рудах колчеданных месторождений, а также примеси свинца в отдельных образцах сульфотеллурида висмута. Количество теллура

Химический состав природных типов руд Сафьяновского месторождения по данным группового опробования [Коротеев и др., 1997]

Типы руд	I	II	III	IV - 1	IV - 2
Содержания, мас. %					
Cu	1.38	2.15	0.80	7.45	4.88
Zn	0.15	0.74	0.155	0.323	0.163
Pb	0.028	0.108	0.127	0.042	0.037
S	6.51	47.09	13.23	19.05	45.95
Ba	0.11	0.41	1.06	0.11	0.204
F	0.058	0.094	0.066	0.049	0.027
P ₂ O ₅	0.024	0.273	0.075	0.03	0.158
Co	0.004	0.013	0.06	0.004	0.02
Содержания, г/т					
Au	0.15	1.26	0.8	0.15	1.18
Ag	2.56	59.0	45.7	47.25	56.2
As	230	2320	112	145	1520
Sb	52	561	140	68.7	221.4
Te	5.1	9.2	5.7	29.3	14
Bi	11.9	41.9	23.1	35.7	128.3
Hg	2.2	23.4	8.7	6.08	9.4
Cd	10.5	88.3	96.5	13.5	15.0
Se	61.3	60.5	93.0	149.5	90.5
Количество проб	83	199	35	50	53

Примечание. Обозначения природных типов руд: I – штокверковые медные; II – сплошные медные и медно-цинковые колчеданные; III – вкрапленные медно-цинковые руды; IV – рудные столбы, IV-1 в штокверковых медных рудах и IV – 2 в сплошных колчеданных рудах.

и серы незначительно изменяется, но отношение суммы металлов к сумме теллура и серы сохраняется и составляет 3 к 4 [Молошаг и др., 2002].

Анализы сульфидов и теллуридов из руд Сафьяновского месторождения, которые проводились в Институте ИГЕМ РАН (аналитик Цепин А.И.), показали наличие примесей золота, платины и палладия [Викентьев и др., 2002; Молошаг, Викентьев, 2001]. К исследованиям подключились специалисты Бюро геологических исследований (BRGM) Орлеан, Париж. Их итогом явились новые находки сульфотеллурида висмута, айкинита, энаргита и расширение «ассортимента» потенциальных минералов-носителей примесей золота и платиноидов. Состав минералов приводятся в таблице 2.

Данные исследования подтвердили приуроченность теллуридов к прожилково-вкрапленным медным рудам, где они наиболее часто встречаются в обогащенных медью зонах, рудных столбах. Основными элементами, входящими в состав теллуридов являются теллур, висмут и серебро. Для штокверковых, прожилково-вкрапленных медных руд и приуроченных к ним обогащенных медью участков (рудных

столбов) под микроскопом отмечается пространственная разобщенность зерен теллуридов и блеклых руд. В сплошных медных и медно-цинковых колчеданных рудах теллуриды не наблюдаются, по той причине, что названные элементы в качестве изоморфной примеси входят в состав блеклых руд (см. табл. 3). Рассеянию теллура, висмута и серебра в блеклых рудах способствовало возрастание их количества в сплошных сульфидных рудах, что подтверждается анализами мышьяка и сурьмы (см. таблицу 1).

Остановимся на составе блеклых руд. Новые анализы дополняют ранее полученные данные [Мурзин и др., 1988]. Их результаты сводятся к тому, что состав минералов данной серии из ранних штокверковых руд отличается наибольшей изменчивостью химического состава. Анализы блеклых руд можно представить в виде двух изоморфных серий, рядов $(Cu, Ag, \dots)_{10}(Fe)_2(As, Sb, Bi, Te, \dots)_4S_{13}$ – $(Cu, Ag, \dots)_{10}(Zn)_2(As, Sb, Bi, Te, \dots)_4S_{13}$ и $(Cu, Ag, \dots)_{10}(Fe, Zn)_2(As, Bi, Te, \dots)_4S_{13}$ – $(Cu, Ag, \dots)_{10}(Fe, Zn)_2(Sb, Bi, Te, \dots)_4S_{13}$, т.е. ряд теннантит-тетраэдрит (мышьяково-сурьмянистая серия) и цинково-железистая серия, которые

Химический состав минералов Сафьяновского месторождения

Скважина/ глубина	2149/126.0							
	Sf *				Hs *		Wt *	Ak *
As	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
S	4.30	4.39	4.35	4.30	4.20	0.00	18.87	17.14
Cu	0.23	0.52	0.45	0.11	0.23	0.15	32.15	11.20
Se	0.90	0.81	0.90	0.98	1.07	0.05	1.02	0.44
Sb	0.19	0.15	0.23	0.14	0.15	0.21	0.09	0.00
Fe	0.19	0.26	0.04	0.07	0.11	0.05	0.45	0.11
Zn	0.00	0.01	0.01	0.00	0.00	0.02	2.13	0.00
Ag	0.00	0.00	0.11	0.03	0.02	60.89	1.78	0.00
Te	35.59	35.48	35.42	36.04	36.25	37.33	0.27	0.00
Hg	0.02	0.00	0.12	0.00	0.00	0.00	0.19	0.00
Pd	0.12	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.07	0.07
Pt	0.06	0.26	0.07	0.08	0.02	0.14	0.15	0.00
Pb	0.00	0.09	0.00	0.00	0.00	0.09	0.70	36.79
Au	0.00	0.00	0.00	0.14	0.02	0.16	0.00	0.05
Bi	57.76	56.67	56.29	58.05	57.92	0.00	41.99	32.58
Cd								
Sum	99.36	98.55	97.99	99.94	99.99	99.09	99.86	98.38

Таблица 2 (продолжение)

Скважина/ глубина	2149/126.0			0152/ 137.7
	Ak*	Ga**		Ak **
As	0.00	0.00	0.00	0.00
S	16.69	13.35	13.34	16.50
Cu	11.10	0.00	0.03	11.69
Se	0.32	0.03	0.00	0.18
Sb	0.00	0.00	0.00	0.03
Fe	0.01	0.00	0.00	0.50
Zn	0.05	0.00	0.00	0.00
Ag	0.05	0.00	0.00	0.00
Te	0.00	0.00	0.04	0.00
Hg	0.00			
Pd	0.00	0.00	0.00	0.00
Pt	0.00	0.05	0.10	0.02
Pb	36.54	86.32	87.63	36.99
Au	0.00	0.00	0.00	0.00
Bi	34.21	0.00	0.00	36.92
Cd				
Sum	98.97	99.75	101.14	102.83

отмечаются для подавляющего количества образцов из колчеданных месторождений [Мозгова, Цепин, 1983]. В таблице 3 выборочно приведены анализы представительных образцов данных серий, включающие определения теллура, висмута и других элементов, которые ранее не проводились.

Состав блеклых руд Сафьяновского месторождения и гидротермальных образований

срединно-океанических хребтов практически не отличается [Мозгова и др., 1995]. Блеклые руды из рудных столбов приближается к тетраэдриту, в отличие от штокверковых или прожилково-вкрапленных медных руд, где наряду с этим наблюдается теннантит, включая железо- и цинксодержащие разновидности минералов данной серии (см. табл. 3).

Наряду с блеклыми рудами, которые на

Таблица 2 (продолжение)

Скважина/ глубина	2074 / 95.8		0152 / 137.7					
	Cv **		Cr**	Sf **	Sf **	Ak *	Sf **	
As	0.00	0.23	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
S	25.29	26.91	34.37	4.56	4.39	16.95	3.98	4.79
Cu	74.37	72.80	34.26	2.06	0.38	11.14	0.91	0.87
Se	0.00	0.00	0.00	0.39	0.47	0.36	0.77	0.71
Sb	0.00	0.00	0.00	0.28	0.26	0.00	0.37	0.23
Fe	0.57	0.63	28.99	1.41	1.28	0.34	0.45	0.42
Zn	0.03	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Ag	0.10	0.00	0.00	0.00	0.06	0.00	0.08	0.10
Te	0.00	0.00	0.00	34.32	37.07	0.07	36.83	33.75
Hg								
Pd	0.06	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Pt	0.05	0.17	0.00	0.00	0.00	0.00	0.04	0.00
Pb	0.24	0.09	0.23	0.00	0.00	36.75	0.06	0.83
Au	0.00	0.02	0.00	0.00	0.07	0.18	0.00	0.18
Bi	0.03	0.09	0.07	57.91	56.29	36.73	57.22	57.77
Cd								
Sum	100.72	100.94	97.92	100.93	100.27	102.52	100.71	99.65

Таблица 2 (окончание)

Скважина/ глубина	0152/137.7				2149 / 129.6				
	Sf **	Td **		Hs**	Sf **			Cr**	
As	0.00	4.15	3.32	0.15	0.00	0.00	0.00	0.00	0.09
S	4.45	25.56	25.34	0.07	4.10	4.15	4.19	34.44	34.67
Cu	1.40	39.18	37.94	1.22	0.23	0.32	0.27	34.74	34.58
Se	0.57	0.03	0.06	0.00	0.67	0.76	0.77	0.00	0.00
Sb	0.25	22.16	22.66	0.58	0.10	0.17	0.24	0.00	0.00
Fe	0.51	2.06	0.93	0.58	0.12	0.08	0.15	29.47	29.32
Zn	0.10	7.50	7.30	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Ag	0.08	0.10	0.00	62.30	0.12	0.23	0.23	0.02	0.00
Te	35.65	0.00	0.00	36.93	35.76	35.83	36.28	0.05	0.00
Hg									
Pd	0.04	0.05	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.03	0.00
Pt	0.00	0.00	0.00	0.04	0.00	0.00	0.00	0.04	0.00
Pb	0.00	0.08	0.08	0.09	0.03	0.00	0.00	0.14	0.20
Au	0.00	0.00	0.03	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Bi	59.17	1.20	2.55	0.00	57.30	57.72	58.34	0.05	0.00
Cd									
Sum	102.13	100.07	99.19	101.96	98.43	99.26	100.47	98.97	98.86

Примечание. Пропущенные ячейки – анализ не проводился. Принятые сокращения: Cr – халькопирит CuFeS_2 , Ga – галенит PbS , Cv – ковеллин CuS , Sf – сульфотеллурид висмута $\text{Bi}_3\text{Te}_3\text{S}$, Hs – гессит Ag_2Te , Ak – айкинит PbCuBiS_3 , Wt – виттихенит Cu_3BiS_3 . Лаборатория рентгеновского микроанализа Института ИГЕМ РАН.

Микроанализатор Camebax -microbeam. Исполнитель Цепин А.И. *

Бюро геологических исследований (BRGM), отделение металлогении и геодинамических исследований, Орлеан, Франция. Микроанализатор Camebax SX – 50. Исполнитель Тесалина С.Г.**

Химический состав блеклых руд Tn-Td, энаргита En и арсенопирита Asp

Типы руд	I										
	Скв./ глубина	2101/ 139.5	2077/ 198.5	2088/ 202.8	2090/394.2		2119 / 446.3		2151/212.2		
	Tn-Td	Tn-Td	Tn-Td	Tn-Td	En	En **	En **	Asp*	Asp*	Asp	Asp
As	12.77	19.72	21.43	3.45	5.23	16.97	18.21	49.09	48.48	44.14	43.15
S	26.38	27.84	27.31	25.17	29.12	32.43	32.78	18.82	19.10	19.96	20.58
Cu	39.87	42.14	43.34	38.13	43.57	44.27	46.56	1.84	1.71		
Se						0.04	0.05	0.27	0.33		
Sb	10.74	1.17	1.15	25.61	21.03	0.27	0.23	0.00	0.05	0.17	0.31
Fe	1.99	8.30	7.15	1.43	0.07	3.94	3.19	28.35	29.80	32.30	32.42
Zn	7.52	0.19	0.64	6.10	0.26	2.75	0.21	0.13	0.07		
Ag	0.08	0.00	0.08	0.18	0.13	0.02	0.00	0.01	0.07		
Te	0.03	0.00	0.85			0.00	0.02	0.85	0.33		
Hg				0.15				0.00	0.00		
Pd						0.00	0.04	0.03	0.00		
Pt						0.05	0.06	0.00	0.21		
Pb						0.08	0.23	0.00	0.00		
Au						0.00	0.00	0.03	0.00		
Bi	0.28	0.16				0.00	0.00	0.00	0.00		
Cd											
Sum	99.76	99.52	102.12	100.32	99.41	100.82	101.58	99.42	100.15	102.07	101.23

Таблица 3 (продолжение)

Типы руд	I	II									
		Скв./ глубина	2151/ 212.2-3	2069/ 78.0	2069/ 100.9	2074/ 32.4	0150/ 105.1	2064/96.6		II17 / 317.5	
	Asp	Tn-Td	Tn-Td	Tn-Td	Tn-Td	Tn-Td	En	Tn-Td	En	Tn-Td	Tn-Td
As	46.14	12.77	14.11	13.59	14.40	20.22	18.55	3.18	10.71	16.75	16.23
S	19.83	26.03	26.87	26.28	27.90	28.17	32.55	24.51	31.76	27.91	29.18
Cu		42.26	41.68	40.05	42.21	41.51	46.86	39.39	47.89	41.32	44.16
Se											
Sb	0.31	9.34	8.58	11.89	9.35	0.02	1.04	23.65	10.21	1.39	3.62
Fe	32.42	1.16	0.42	0.30	0.81	1.38	0.65	0.65	0.13	3.68	1.25
Zn		7.53	7.49	7.61	6.74	7.16		8.30	0.08	6.09	7.27
Ag		0.17	0.17	0.16	0.00			0.44	0.07	6.09	0.06
Te		0.08	0.10	0.04	0.00					0.00	0.05
Hg		0.11	0.00	0.00	0.00			1.05	0.43	0.22	0.00
Pd											
Pt											
Pb											
Au											
Bi		0.35	0.02	0.00	0.00					0.00	0.16
Cd		0.52	0.38	0.18	0.15	1.19	0.91	0.32	0.17	0.00	0.15
Sum	100.03	100.32	99.79	100.10	101.26	99.70	100.56	101.95	101.02	97.49	102.13

Сафьяновском месторождении являются ведущими минералами мышьяка, встречаются энаргит и арсенопирит. Они образовались в следующем порядке: арсенопирит – блеклые руды – энаргит. Наличие данной последовательности минералов мышьяка и результатов минералогической термометрии и других колчеданных ме-

сторождений Урала позволило детализовать условия образования руд [Молошаг и др., 1998, 2002]. Арсенопирит наблюдается в виде мелких, реликтовых зерен, размер которых не превышает 25 микрон. Зерна арсенопирита замещаются железосодержащей разновидностью блеклых руд, которая чаще представлена

Таблица 3 (окончание)

Типы руд	II		III			IV - 1			IV - 2		
	Скв./глу бина	0152/72.6	П17 / 330.9	П30 / 521.8	П30 / 535.0	2066/ 147.3	0152/137.7**		2093/ 103.5	2093/ 116.0	2093/ 105.3
	En**		Tn-Td	Tn-Td	Tn-Td	Tn-Td	Tn-Td	Tn-Td	Tn-Td	Tn-Td	Tn-Td
As	17.71	17.43	17.29	19.36	12.92	5.52	4.15	3.32	20.08	19.41	18.74
S	31.52	31.64	27.69	28.60	25.65	24.01	25.56	25.34	26.86	27.38	29.09
Cu	46.50	47.41	42.42	40.18	39.86	36.28	39.18	37.94	41.90	39.96	42.41
Se	0.00	0.00					0.03	0.06			
Sb	1.04	0.51	0.12	2.89	11.33	20.48	22.16	22.66	0.35	3.65	0.01
Fe	0.62	0.94	1.73	0.59	0.57	2.18	2.06	0.93	1.09	1.01	1.32
Zn	0.36	0.40	7.95	8.60	9.08	7.25	7.50	7.30	8.31	7.91	7.10
Ag	0.19	0.00	0.00	0.36	0.09	3.49	0.10	0.00	0.00	0.03	0.04
Te	0.00	0.00	0.00			0.08	0.00	0.00		0.00	0.00
Hg			0.21	0.60	0.50				0.00	0.07	0.11
Pd	0.00	0.00					0.05	0.00			
Pt	0.00	0.00					0.00	0.00			
Pb	0.89	0.35					0.08	0.08			
Au	0.00	0.00					0.00	0.03			
Bi	0.00	0.00	0.00	0.17	0.75	0.39	1.20	2.55	0.48	0.02	0.49
Cd			0.16	0.19	0.00				0.00	0.13	0.29
Sum	98.83	98.68	97.56	101.54	100.75	99.63	100.07	99.19	99.07	99.60	99.60

Примечание. Обозначения природных типов руд соответствуют таблице 1. Анализы большинства образцов блеклых руд выполнялись на микроанализаторе JXA-5, ** – микроанализатор Camebax SX – 50, * – микроанализатор Camebax -microbeam. Пропущенные ячейки – анализ не проводился. В анализах зерен арсенопирита из скважины 2151/212.2(1-3) содержания Co составляют 4.12; 1.47 и 0.67 мас. %, Ni 1.96; 1.37 и 0.65 мас. % соответственно.

(Cu)₁₀(Fe)₂(As)₄S₁₃. Замещение арсенопирита блеклыми рудами описывается реакцией: 10 CuFeS₂ + 4 FeAsS + 13/2 S₂ = Cu₁₀Fe₂As₄S₁₃ + 12 FeS₂. Арсенопирит является одним из компонентов системы кобальтин CoAsS – герсдорфит NiAsS – арсенопирит FeAsS, в которой минералы ряда кобальтин – герсдорфит могут содержать примеси элементов платиновой группы [Гроховская и др., 2000]. Наличие примесей кобальта и никеля в арсенопиритах подтолкнуло нас к мысли о проверке их на наличие примесей платиноидов. В одном из зерен арсенопирита (образец 21251/212.2) обнаружена примесь платины 0.21 мас. %. Тем не менее, принимая во внимание мелкие размеры зерен минерала, необходимо провести дополнительные исследования.

Блеклые руды во всех выделенных нами природных типах руд замещаются минералами серии энаргит – фаматинит, точнее минералы фаматинит-энаргитового и фаматинит-люцитового рядов, для которых сохраняется собирательное название энаргит. Продолжающееся

использование данного названия в литературе, вероятно, связано с обратимостью фазовых переходов кристаллических структур данных минералов, небольшими по величине изменениями свободной энергии Гиббса и технически трудной диагностикой этих идентичных по составу минералов [Воган, Крейг, 1981]. В связи с этим мы тоже придерживаемся данного названия, хотя и отдаем себе отчет в возможной неточности его использования. Анализы энаргита En приводятся в таблице 3. Время образования энаргита синхронно рудным столбам. В тех образцах, где нам это удалось проследить, содержание мышьяка и сурьмы в энаргите определяется составом блеклых руд, которые он замещает (см. табл. 3, анализы 2064/96.6 и 2090/394.2). Состав энаргита по сравнению с блеклыми рудами характеризуется незначительным количеством примесей, что вероятно связано с особенностями структуры данного минерала.

Общим для рассмотренных минералов мышьяка, сурьмы и висмута является наличие примесей благородных металлов. В этом отно-

шении они приближаются к теллуридам свинца серебра и ртути [Молошаг, Викентьев, 2001]. Примеси золота, платины и палладия в зернах данных минералов распределяются неравномерно. В различных зернах или их отдельных участках содержание благородных металлов изменяется от значений ниже чувствительности до десятых долей процента, что отмечается также для теллуридов и сульфосолей висмута айкинита и виттихенита (см. табл. 2). Среди носителей примесей благородных металлов в количественном отношении преобладают минералы мышьяка, в первую очередь минералы серии теннантит – тетраэдрит. Наличие теллуросодержащих блеклых руд может говорить о том, что при определенных условиях по ним могут развиваться теллуриды свинца, висмута, ртути и благородных металлов [Коваленкер, Русинов, 1986; Knittel, 1989]. В этом смысле блеклые руды на Сафьяновском и других колчеданных месторождениях играют роль одного из «передаточных звеньев» в минералогии и геохимии благородных металлов.

Таким образом, результатом выполненных исследований руд Сафьяновского месторождения являются новые находки сульфотеллурида висмута $(\text{Bi,Pb})_3(\text{Te,S})_4$, а также айкинита PbCuBiS_3 и виттихенита Cu_3BiS_3 . Наряду с блеклыми рудами получены дополнительные результаты о составе минералов группы энаргита. Появились новые данные о наличии примесей золота, палладия и платины в минералах мышьяка и теллура.

Список литературы

- Афанасьева Е.Л.* Парагенетические минеральные ассоциации и зональность их пространственного размещения в Кафанском медном месторождении // Известия АН СССР. Сер. геол. 1971. № 5. С. 74-90.
- Викентьев И.В., Молошаг В.П., Юдовская М.А. и др.* Платиноиды в рудах колчеданных месторождений Урала // Докл. РАН. 2002. Т. 384. № 6. С. 785-789.
- Воган Д., Крейг Дж.* Химия сульфидных минералов. М.: Мир, 1981. 576 с.
- Гроховская Т.Л., Бакаев Г.Ф., Шелепина Е.П. и др.* Платинометаллическая минерализация в габброно-

ритах массива Вуручайвенч, Мончегорский плутон (Кольский полуостров, Россия) // Геология рудных месторождений. 2000. Т. 42. № 2. С. 147-161.

Коваленкер В.А., Русинов В.Л. Голдфилдит: особенности химического состава, парагенезиса, условия образования // Минералогический журнал 1986. Т. 8. № 2. С. 57-70.

Коротеев В.А., Язева Р.Г., Бочкарев В.В. и др. Геологическая позиция и состав Сафьяновского меднорудного месторождения на Среднем Урале. Путеводитель геологических экскурсий. Юбилейное научное чтение и международный Симпозиум «Основные проблемы в учении о магматогенных рудных месторождений», посвященные столетию со дня рождения академика А.Г.Бетехтина. Екатеринбург: ИГЕМ РАН, ИГГ УрО РАН, 1997. 94 с.

Мозгова Н.Н., Бородаев Ю.С., Ефимов А.В. и др. Особенности химического состава блеклых руд из гидротермальных образований срединно-океанических хребтов (постройка «Мир», поле ТАГ, 26° с.ш. Срединно-океанического хребта) // Записки ВМО. 1995. № 5. С. 77-84.

Мозгова Н.Н., Цепин А.И. Блеклые руды. М.: Наука, 1983. 280 с.

Молошаг В.П., Викентьев И.В. Распределение платиноидов и золота в минералах колчеданных месторождений Урала // Ежегодник-2000. Екатеринбург: ИГГ УрО РАН, 2001. С. 161-166.

Молошаг В.П., Грабежьев А.И., Гуляева Т.Я. Условия образования теллуридов в рудах колчеданных и медно-золото-порфириновых месторождений Урала // Записки ВМО. 2002. Ч. 131. № 5. С. 40-54.

Молошаг В.П., Гуляева Т.Я., Колотов С.В. Энаргитсодержащие парагенезисы колчеданных месторождений Урала // Уральский геологический журнал. 1998. № 5. С. 15-23.

Мурзин В.В., Коровко А.В., Молошаг В.П. Особенности минерального состава руд цинково-медного месторождения // Ежегодник-1987 ИГГ УрО РАН. Свердловск, 1988. С. 109-111.

Прокин В.А., Буслаев Ф.П., Молошаг В.П. и др. Геология Сафьяновского медноколчеданного месторождения (по результатам картирования карьера) // Ежегодник-2001. Екатеринбург: ИГГ УрО РАН, 2002. С. 276-281.

Язева Р.Г., Молошаг В.П., Бочкарев В.В. Геология и рудные парагенезисы Сафьяновского месторождения в среднеуральском ретрошарьяже // Геология рудных месторождений. 1991. № 4. С. 47-58.

Knittel U. Composition and association of arsenian goldfieldite from the Marian gold deposit, Northern Luzon, Philippines // Miner. Petrol. 1989. Vol. 40. N. 2. P. 145-154.