

В. В. Зайков

МИНЕРАЛЫ ЗОЛОТА И СЕРЕБРА В ЗОНАХ СУБМАРИННОГО И КОНТИНЕНТАЛЬНОГО ГИПЕРГЕНЕЗА МЕДНОКОЛЧЕДАНЫХ МЕСТОРОЖДЕНИЙ ЮЖНОГО УРАЛА

V. V. Zaykov

GOLD AND SILVER MINERALS OF THE SUBMARINE AND CONTINENTAL HYPERGENE ZONES OF COPPER-MASSIVE SULPHIDE DEPOSITS IN THE SOUTH URALS

Is given characteristic of composition and structure of gold and silver minerals from the continental and submarine hypergene zones. At the upper parts of oxidized zones, where oxidation is total, gold is high-alloy and forms submicron aggregates. In the subzone of secondary sulfide enrichment and areas of present of copper carbonates, gold contents 10—20 % of silver. Composition and morphology of segregations make possible supposition that some gold grains have been formed under decomposition of gold- and silver-tellurides, and other by dissolution and following reprecipitation of the metal from complex combination of sulphur-oxianions or halides. Silver in the zones of continental hypergenesis is mainly represented by halides and to a less degree by aggregates of native silver. For submarine hypergenesis, tellurides are dominant forms.

Discovering, in the upper parts of massive sulphide bodies, zones with high concentration and big separations of gold allow to make conclusion that new type of placer deposits of noble metals can be found. Favourable condition for their forming would be areas where sulphide edifices had been total eroded both in submarine and continental environments.

На медноколчеданных месторождениях Ю. Урала установлено два типа зон гипергенеза: субмаринный, возникший в палеозое при подводном окислении сульфидных залежей, и континентальный, сформировавшийся в мезозое и кайнозое на вскрытых денудацией рудных полях [3, 5, 10]. В статье рассмотрены формы нахождения золота и серебра в разрезах этих гипергенных зон.

Объектами исследований явились месторождения Гайское, Таш-Тау, Балта-Тау, Молодежное (рис. 1). Проводилась детальная документация и опробование уступов в карьерах с последующим пробирным анализом штучных и бороздовых проб.

В наиболее богатых прослоях выделены и исследованы минералы золота и серебра с применением электронной микроскопии и микрондового анализа на приборах Института минералогии УрО РАН (Миасс), ИГЕМ (Москва) и Музея Естественной Истории (Лондон). В этих работах автор сотрудничал с Н. Б. Сергеевым, В. В. Масленниковым, О. В. Трофимовым, Л. А. Паутовым, Е. И. Чуриным, Р. Херрингтоном, Ю. В. Кулешовым.

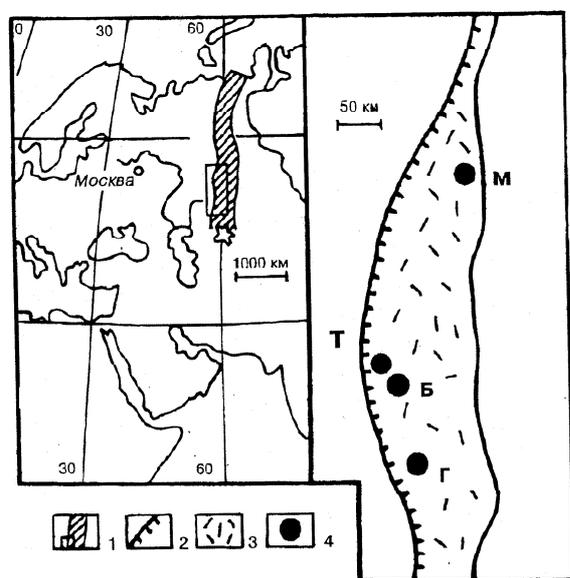


Рис. 1. Схема расположения исследованных колчеданных месторождения Южного Урала:

1 — положение Уральского складчатого пояса и района исследований; 2 — Главный Уральский разлом; 3 — структуры Магнитогорской островодужной системы; 4 — изученные месторождения (М — Молодежное, Т — Таш-Тау, Б — Балта-Тау, Г — Гайское)

Субмаринные зоны гипергенеза колчеданных руд изучены на месторождениях Молодежном (Верхне-Уральский рудный район) и Таш-Тау (Баймакский рудный район). В наиболее полном виде разрез этих зон включает [1, 3, 5]:

- 1) продукты полного окисления (гематитовые, хлорит-гематитовые породы);
- 2) продукты выщелачивания (пиритовые песчаники и кластогенные псаммито-псефитовые сульфидные руды);
- 3) продукты вторичного сульфидного обогащения (борнит-, халькозин- и ковеллинсодержащие сульфидные руды).

Зоны гипергенеза приурочены к кровле рудных тел и имеют мощность 0.5—1.0 м. Их подводное происхождение доказывается присутствием обломков упомянутых руд в перекрывающих морских отложениях и рядом геолого-минералогических признаков [5].

Высокие концентрации золота и серебра установлены в кластогенных рудах (аналогах пиритовых сыпучек зон континентального гипергенеза) и продуктах вторичного сульфидного обогащения. Минералы, содержащие благородные металлы, изучены в барит-борнит-халькопиритовых рудах зоны вторичного сульфидного обогащения месторождения Таш-Тау. Эти руды, в которых концентрация золота достигает 80 г/т, а серебра — 400 г/т, образуют горизонт мощностью 20—30 см в основании кластогенного сульфидного пласта [1].

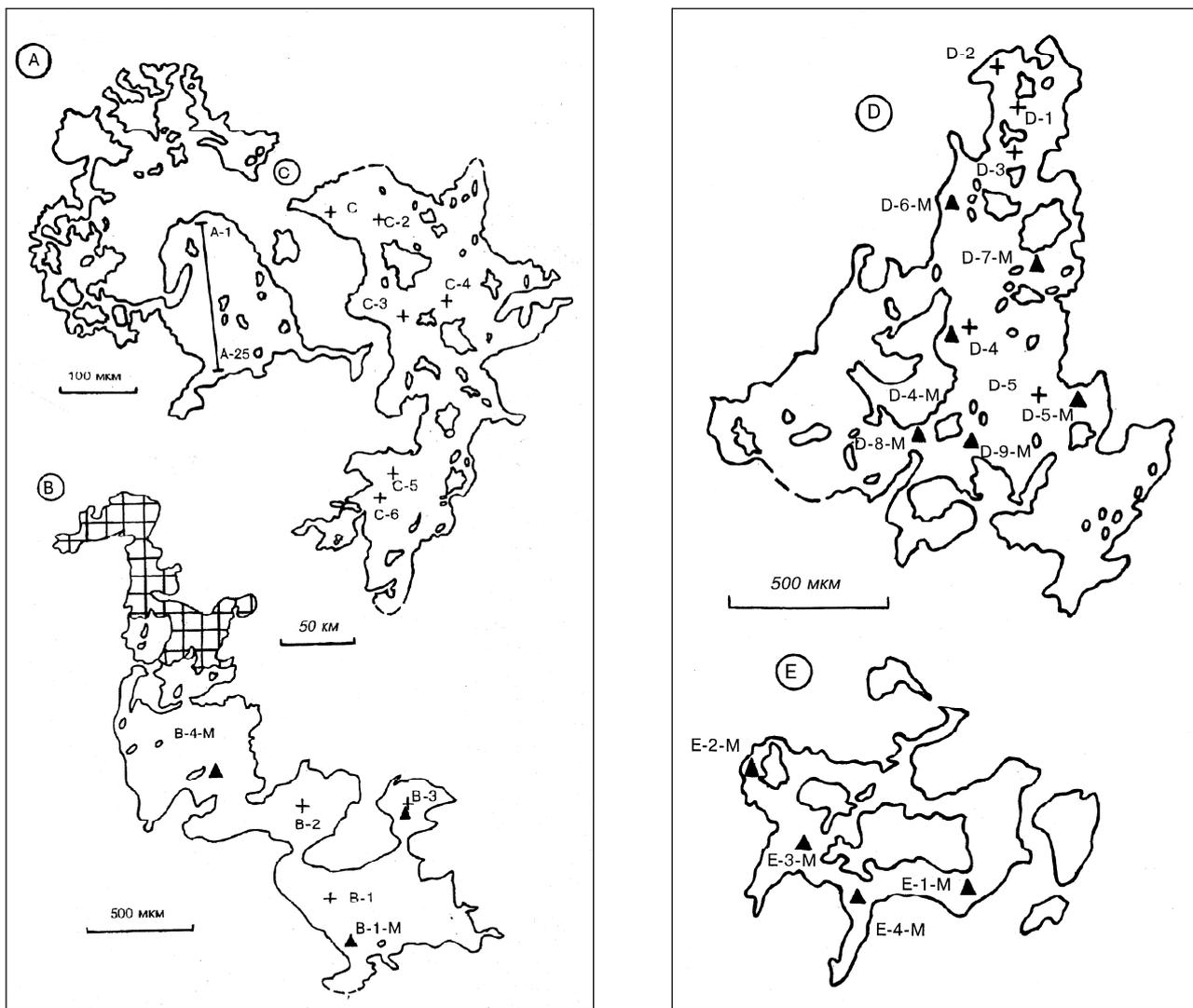


Рис. 2. Строение выделений золота в барит-борнитовой массе из зоны субмаринного гипергенеза месторождения Таш-Тау.

Жирный контур — границы золотин (А, В, С, D, E), прямоугольная штриховка — выделение галенита. Точки замеров обозначены треугольниками (лаборатория Института минералогии), крестиками и линиями (лаборатория Музея Естественной Истории)

Самородное золото находится в виде выделений поперечником от нескольких мкм до 4 мм. Морфология золотин чрезвычайно сложная (рис. 2): они имеют сотовую или кружевную структуру

и включают многочисленные выделения барита, борнита, халькопирита и галенита. По результатам микронзондового анализа золотины характеризуются следующим составом (%): Au 76—89; Ag 8—20; Hg 0.01—0.20; Te 0.01—0.16 (табл. 1). В некоторых золотины отмечено повышенное содержание серебра в их центре, достигающее 20 %.

Серебросодержащие минералы представлены гесситом, ялпаитом (?) и штрмейеритом (?). Результаты рентгеноспектрального микроанализа минералов приведены в таблице 2. Гессит $(Ag_{1.79}Cu_{0.13}Fe_{0.08})_2O(Te_{0.86}Se_{0.04}S_{0.10})_{1.0}$, $(Ag_{1.53}Cu_{0.24}Fe_{0.13})_{2.0}^{**}(Te_{0.54}S_{0.51})_{1.05}$ образует выделения раз-

Таблица 1

Результаты рентгеноспектрального микроанализа зерен самородного золота месторождения Таш-Тау (мас. %)

№ п/п	№ анал.	Au	Ag	Cu	Te	Hg	Se	Сумма
1	A-1	81.47	16.08	-	0.00	0.15	0.04	97.74
2	A-2	82.51	15.16	-	0.13	0.11	0.00	97.91
3	A-3	81.50	14.87	-	0.02	0.00	0.05	96.44
4	A-4	84.35	14.83	-	0.07	0.17	0.03	99.45
5	A-5	82.85	14.63	-	0.05	0.01	0.00	97.54
6	A-6	82.85	14.41	-	0.13	0.09	0.00	97.48
7	A-7	81.25	16.04	-	0.01	0.00	0.02	97.32
8	A-8	79.65	17.78	-	0.10	0.05	0.02	97.60
9	A-9	81.65	15.78	-	0.02	0.00	0.02	97.47
10	A-10	79.53	17.63	-	0.09	0.22	0.02	97.49
11	A-11	76.39	20.84	-	0.03	0.00	0.05	97.31
12	A-12	80.61	16.59	-	0.10	0.01	0.00	97.31
13	A-13	81.74	15.88	-	0.00	0.03	0.05	97.70
14	A-14	81.03	17.24	-	0.02	0.00	0.02	98.31
15	A-15	80.06	17.78	-	0.01	0.01	0.04	97.90
16	A-16	76.83	20.69	-	0.08	0.07	0.01	97.68
17	A-17	78.67	18.92	-	0.08	0.18	0.05	97.90
18	A-18	80.51	16.73	-	0.00	0.05	0.03	97.32
19	A-19	81.07	15.88	-	0.11	0.04	0.02	97.12
20	A-20	80.34	16.52	-	0.16	0.00	0.05	97.07
21	A-21	82.05	15.37	-	0.03	0.00	0.01	97.46
22	A-22	81.49	15.16	-	0.09	0.00	0.00	96.74
23	A-23	81.49	15.16	-	0.07	0.00	0.02	96.74
24	A-24	80.59	17.22	-	0.01	0.00	0.03	97.85
25	A-25	81.74	15.64	-	0.09	0.00	0.00	97.47
Среднее		80.89	16.51	-	0.06	0.05	0.02	97.53
26	B-1	89.27	8.82	0.11	0.00	0.00	0.04	98.24
27	B-2	88.04	9.42	0.17	0.01	0.16	0.06	97.86
28	B-3	82.46	15.29	0.00	0.11	0.00	0.02	97.88
Среднее		86.59	11.18	0.09	0.04	0.05	0.04	97.99
29	B-1-М	88.65	7.47	0.05	-	0.08	-	96.25
30	B-4-М	88.79	7.96	0.04	-	0.09	-	96.88
Среднее		88.72	7.72	0.04	-	0.08	-	96.56
31	C-1	81.84	15.99	0.00	0.04	0.04	0.04	97.96
32	C-2	81.86	15.64	0.19	0.02	0.00	0.05	97.77
33	C-3	79.30	17.93	0.06	0.04	0.00	0.01	97.34
34	C-4	82.19	15.89	0.07	0.10	0.00	0.02	98.27
35	C-5	79.90	17.17	0.02	0.09	0.00	0.03	97.21
36	C-6	81.75	16.02	0.12	0.12	0.00	0.04	98.05
Среднее		81.14	16.44	0.08	0.07	0.01	0.03	97.77
37	D-1	85.97	11.52	0.20	0.05	0.00	0.04	97.78
38	D-2	85.39	12.15	0.26	0.08	0.00	0.05	97.93
39	D-3	83.43	13.90	0.16	0.00	0.01	0.04	97.54
40	D-4	83.29	14.27	0.15	0.06	0.05	0.03	97.85
41	D-5	84.91	11.83	0.03	0.005	0.00	0.00	96.77

№ п/п	№ anal.	Au	Ag	Cu	Te	Hg	Se	Сумма
Среднее		84.60	12.73	0.16	0.04	0.01	0.03	97.57
42	Д-4-М	87.43	8.60	0.07	-	0.04	-	96.14
43	Д-5-М	88.71	9.36	0.04	-	0.00	-	98.11
44	Д-6-М	90.68	7.47	0.10	-	0.10	-	98.35
45	Д-7-М	83.07	12.12	0.07	-	0.19	-	95.45
46	Д-8-М	87.32	8.28	0.07	-	0.22	-	95.89
47	Д-9-М	85.83	9.58	0.05	-	0.05	-	95.51
Среднее		87.17	9.24	0.07	-	0.10	-	96.58
48	Е-1-М	88.65	9.81	-	-	0.20	-	98.66
49	Е-2-М	87.73	9.79	0.04	-	0.03	-	97.59
50	Е-3-М	87.34	9.21	0.05	-	0.00	-	96.60
51	Е-4-М	86.46	9.01	0.06	-	0.05	-	95.58
Среднее		87.54	9.45	0.04	-	0.07	-	97.10

Примечание: Анализы выполнены: №№ 1—28, 31—41 на микроанализаторе «Newscamesa», в Музее естественной истории (Лондон); №№ 29—30, 42—47, 48—51 на микроанализаторе JСХА-733 JEOL, в Институте минералогии УрО РАН (аналитик Чурин Е. И.). Положение точек анализов показано на рис. 2; - содержания элементов не определялись.

Таблица 2

Результаты рентгеноспектрального микроанализа серебросодержащих минералов месторождения Таш-Тау (мас. %)

№ п/п	№ anal.	Ag	Cu	Te	Se	Fe	S	Сумма
1	F-2	59.61	5.49	25.01	1.21	2.59	5.94	99.85
2	g-1	60.28	2.48	34.24	0.87	1.48	1.00	100.35
3	F-7	18.66	44.30	0.04	0.07	0.67	36.20	99.94
4	F-8	17.86	44.21	0.02	0.08	0.62	37.09	99.88
5	F-9	17.41	43.96	0.02	0.11	0.49	37.97	99.96
Среднее		34.76	28.09	11.87	0.47	1.17	23.64	100.00
6	F-11	24.70	39.18	0.03	0.05	0.52	35.45	99.93
7	F-12	22.05	40.07	0.03	0.05	0.64	37.14	99.98
Среднее		23.38	39.63	0.03	0.05	0.58	36.30	99.97
8	F-3	2.70	45.63	0.00	0.03	10.28	41.31	99.95
9	F-4	2.41	46.15	0.01	0.02	10.49	40.78	99.86
10	F-5	1.94	46.63	0.03	0.01	10.54	40.64	99.79
Среднее		2.35	46.14	0.01	0.02	10.44	40.91	99.87

Примечание: Анализы выполнены на микроанализаторе «Newscamesa» в Музее естественной истории (Лондон). 1, 2 — гессит; 3 — 5 — ялпайт (?); 6, 7 — штрмейерит (?); 8 — 10 — борнит. В анализе 2 определены (%): Au 0.22; Tl 1.20.

мером несколько мкм в агрегатах борнита и трещинах, пересекающих зерна пирита. С гесситом ассоциируют галенит и энаргит. Минералы, диагностированные по соотношению серебра и меди как штрмейерит (?) и ялпайт (?), находятся в сростках размером 10—20 мкм среди барита (рис. 3). Следует отметить, что в обоих случаях наблюдается значительное превышение количества серы в составе минералов по сравнению с теоретическим, в связи с чем анализы не удалось рассчитать на корректные формулы минералов. Следовательно, определение ялпайта и штрмейерита нужно рассматривать как предварительное.

Континентальные зоны гипергенеза изучены на месторождениях Гайском и Балта-Тау. Разрез этих зон включает [2]: продукты полного окисления (бурые железняки), выщелачивания (кварцевые, пирит-серно-кварцевые, пиритовые сыпучки, горизонты самородной серы), сульфатно-сульфидного обогащения (сульфидные руды с жилами мелантерита и халькантиста, гнездами борнита, ковеллина, халькозина).

Наиболее высокие концентрации золота и серебра в зоне окисления серноколчеданной залежи Гайского месторождения характерны для отдельных прослоев пирит-серно-кварцевых сыпучек: Au 63—93 г/т, Ag 340—870 г/т. Минералы золота и серебра изучены Н. Б. Сергеевым и др. [2, 14]. Частицы самородного золота изометричные и удлиненные, имеют размеры 3—5 мкм. Состав

золота высокопробный (952—992); кроме серебра, установлена примесь ртути (до 0.9 %) и теллура (до 0.3 %). В кварцевых сыпучках частицы золота (пробность 997—999) объединены в удлиненно-цепочечные сростки размером 50—100 мкм. Результаты рентгеноспектрального микроанализа самородного золота приведены в таблице 3.

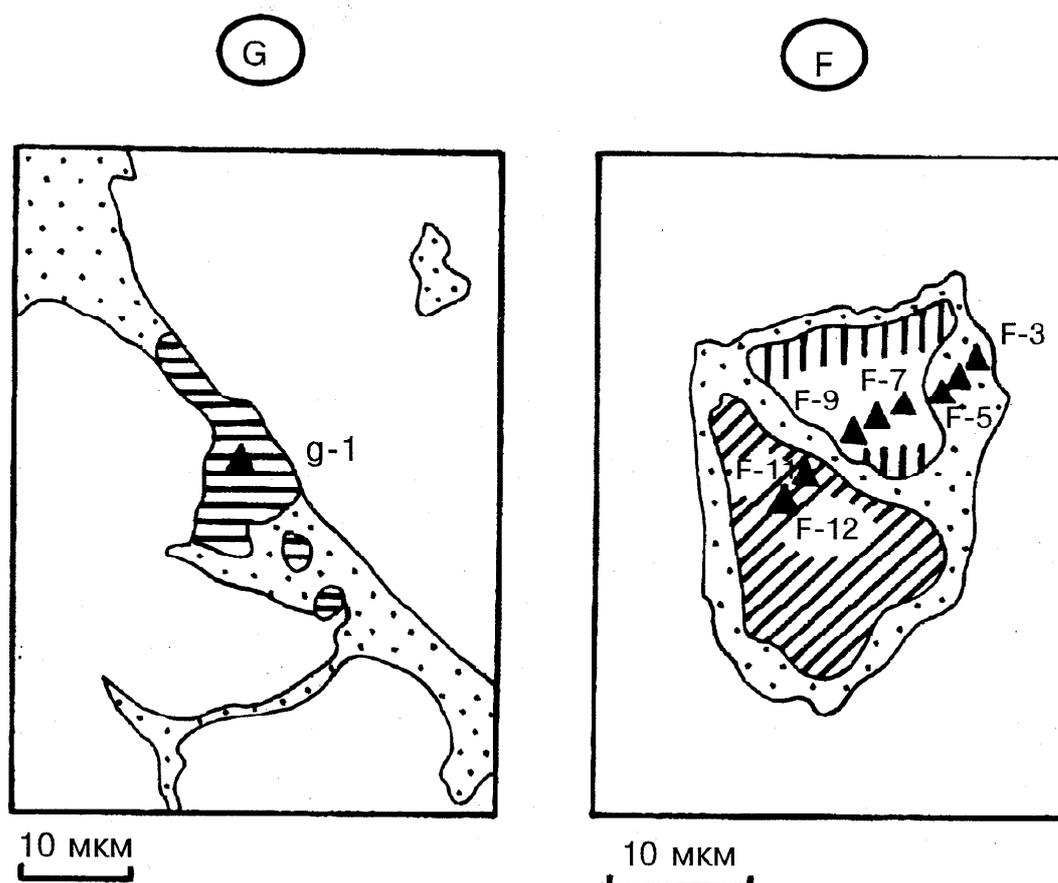


Рис. 3. Положение выделений серебросодержащих сульфидов в барит-халькопиритовых рудах зоны субмаринного гипергенеза месторождения Таш-Тау.

G — выделение гессита (горизонтальная штриховка) совместно с борнитом (крап) в трещине, рассекающей зерно пирита (белое), F — выделение сложного состава: ялпаит (?) — косая штриховка, штротмейрит (?) — вертикальная штриховка с борнитовой оторочкой (крап); вмещающий — барит (белое).

Таблица 3

Результаты рентгеноспектрального микроанализа самородного золота Гайского месторождения, (мас. %) [14]

№№ п/п	№ анал.	Au	Ag	Cl	Br	J	S	Se	Te	Hg	Сумма
1	Г-9	100.50	н/о	н/о	н/о	н/о	н/о	0.10	н/о	0.20	100.80
2	Г-10	100.10	н/о	н/о	н/о	н/о	н/о	н/о	н/о	н/о	100.10
3	Г-11	100.40	н/о	н/о	н/о	н/о	н/о	0.10	н/о	н/о	100.50
Среднее		100.30	-	-	-	-	-	0.07	-	0.07	100.44
4	Г-8	77.30	21.50	н/о	н/о	н/о	н/о	0.20	0.20	0.30	99.50
5	Г-1	99.10	0.60	н/о	99.70						
6	Г-2	95.50	0.50	н/о	н/о	0.10	0.50	н/о	н/о	0.20	99.80
7	Г-3	97.20	2.50	0.10	0.10	н/о	0.40	н/о	н/о	н/о	100.30
8	Г-4	95.20	3.10	н/о	н/о	0.10	1.50	н/о	н/о	н/о	99.90
Среднее		96.75	1.68	0.02	0.02	0.05	0.6	-	-	0.05	99.17
9	Г-5	99.00	0.90	н/о	н/о	0.10	0.10	н/о	н/о	н/о	100.10
10	Г-7	96.50	0.50	0.40	3.20	н/о	н/о	н/о	н/о	0.30	100.90
Среднее		93.10	4.30	0.73	1.63	0.23	0.03	-	-	0.10	100.12
11	Г-6	83.80	11.50	1.80	1.70	0.60	н/о	н/о	н/о	н/о	99.40

Примечание: Положение проб в разрезе зоны гипергенеза: 1—4 — кварцевая сыпучка; 5 — 8 — «кремнистый» горизонт с галогенидами серебра; 9 — 11 — пирит-серно-кварцевая сыпучка. Анализы выполнены в ИГЕМ РАН, микроанализатор «Самбах microbea»; н/о — не обнаружено.

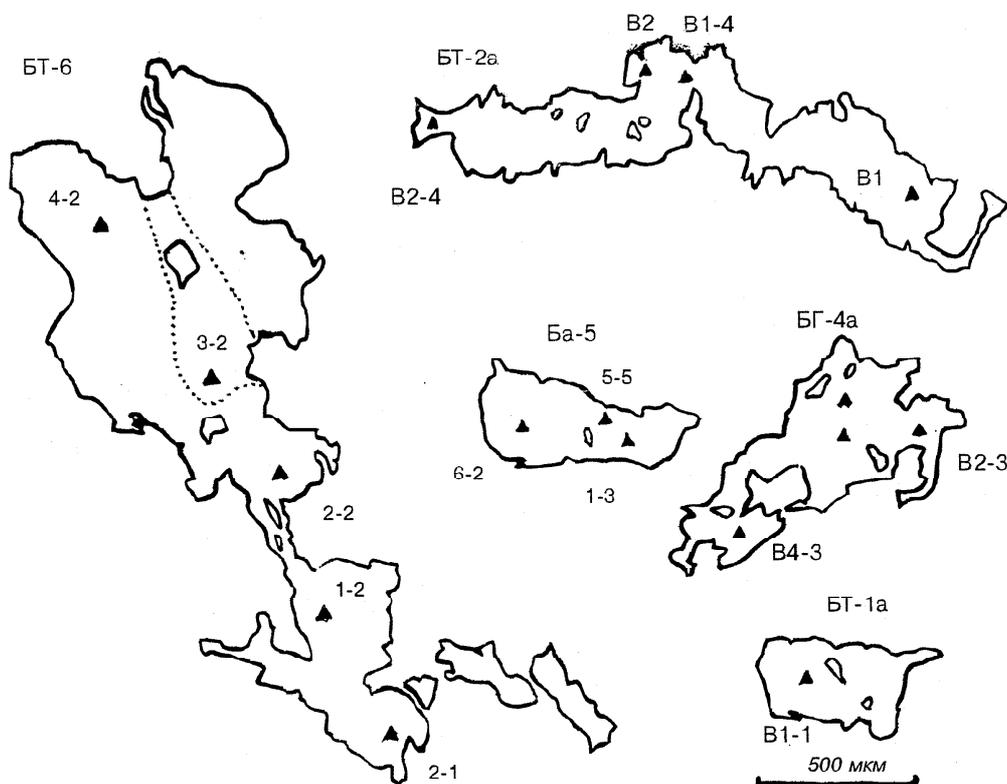


Рис. 4. Строение выделений золота в кварц-каолиновой массе с карбонатами меди из зоны континентального гипергенеза месторождения Балта-Тау.

Пунктиром обозначено выделение электрума в центре золотины выделения БТ-6

Главные минералы серебра — хлораргирит (AgCl), йодаргирит (AgJ), эмболит $\text{Ag}(\text{Cl}, \text{Br})$. Они образуют агрегаты поперечником менее 0,3 мм и тонкие прожилки. Самородное серебро установлено в виде единичных включений размером 1—3 мкм на периферии мелкозернистых сростков галогенидов. Внутри таких сростков встречены электрум, акантит (Ag_2S) и ютенбогардит (Ag_3AuS_2). В пиритовых сыпучках присутствуют округлые частицы поперечником около 1 мкм сложного состава: Au-Ag-Se-Hg и Au-Ag-Se , микродифракционную картину с которых получить не удалось. В самородной сере О. В. Трофимовым и В. Ю. Карпенко установлены включения и прожилки минерала, предварительно диагностированного как йодистый перроудит $\text{Hg}_{5-x}\text{Ag}_{4+x}\text{S}_{5-x}(\text{J}, \text{Cl}, \text{Br})_{4+x}$.

На месторождении Балта-Тау [11] самородное золото в зоне окисления образует цепочечные выделения длиной 1—3 мм и округлые частицы диаметром 10—20 мкм (рис. 4). Они сконцентрированы в литифицированной кварц-каолиновой массе, пропитанной малахитом и азурином, в нижней части зоны окисления. Содержание золота 70—77 %, серебра — 18—25 %, меди — 0,01—0,21 % (табл. 4). В центре отдельных зерен установлены выделения электрума с содержаниями (вес. %): золота 41—53, серебра 40—49.

Механизм формирования выделений самородного золота в изученных зонах гипергенеза может быть оценен на основании данных об их составе и строении. Ранее было установлено, что имеются две главные разновидности гипергенного золота: остаточное и новое [7—9].

Остаточное образовалось за счет слипания субмикронных частиц гипогенного металла, выделившихся при окислении существенно пиритовых руд. Такие выделения наследуют состав первичного золота, а морфология их различна — от пленок до кристаллов.

Новое золото образовалось либо за счет разложения золотосодержащих минералов, например, теллуридов, либо за счет химического переотложения. В первом случае образуется так называемое горчичное золото, представленное тонкоагрегатными пористыми скоплениями. Морфология их отражает форму первичных минералов. Во втором случае наблюдаются выделения самой разнообразной морфологии преимущественно среди продуктов полного окисления.

Результаты рентгеноспектрального микроанализа самородного золота месторождения Балта-Тау (мас. %)

Таблица 4

№ п/п	Зерно	№ анал.	Au	Ag	Cu	Сумма
1	Ба-5	5-5	74.92	23.01	0.00	97.93
2	Ба-5	1-3	75.94	22.67	0.09	98.69
3	Ба-5	6-2	76.16	20.87	0.04	97.07
Среднее			75.67	22.22	0.04	97.90
4	БТ-2а	В1	75.66	19.71	0.01	95.38
5	БТ-2а	В2	73.52	23.06	0.05	98.43
6	БТ-2а	В1-4	74.61	21.05	0.04	95.71
7	БТ-2а	В2-4	75.04	20.37	0.01	95.41
Среднее			74.71	21.05	0.03	96.23
8	БТ-4а	В4	77.33	20.47	0.03	97.83
9	БТ-4а	В2-3	76.19	21.48	0.02	97.67
10	БТ-4а	В3-3	77.28	18.20	0.01	96.48
11	БТ-4а	В4-3	70.67	25.67	0.21	96.56
Среднее			75.37	21.45	0.07	97.14
12	БТ-6	2-2	74.44	21.12	0.09	95.65
13	БТ-6	4-2	75.71	20.26	0.04	96.01
14	БТ-6	1-2	76.08	18.80	0.06	95.84
15	БТ-6	2-1	77.03	19.28	0.03	96.35
Среднее			75.82	19.87	0.05	95.96
16	БТ-1а	В1-1	74.51	21.30	0.09	95.90

Примечание: Анализы выполнены на микроанализаторе GEOL-733, в Институте минералогии УрО РАН (аналитик Чурин Е. И.)

Относительно состава различных видов нового золота, особенно горчичного, данные ограничены [8]. Отмечается общая тенденция — повышение пробности по сравнению с гипогенным золотом. Но при этом имеются вариации, которые определяются особенностями гипергенных процессов при окислении первичных руд различного состава. Для зон гипергенеза серноколчеданных залежей, в водах которых высока концентрация серной кислоты и очень низки значения pH, свойственно высокопробное золото. Золото переносится в этих условиях оксианионными комплексами, а серебро — галогенидными [12, 14, 17]. На месторождениях с медно-цинково-колчеданными рудами кислотность гипергенных вод значительно ниже (pH 5—7), процессы разделения золота и серебра менее активны и в восстановительных условиях зон развития карбонатов меди и зон вторичного сульфидного обогащения формируются твердые растворы этих металлов с разными пропорциями [19].

Представленная схема подтверждается и данными о составе и строении выделений золота изученных месторождений (рис. 5). В верхних горизонтах зоны гипергенеза серноколчеданной залежи Гайского месторождения, в кварц-пиритовых и серно-кварцевых сыпучках, преобладает наиболее высокопробное золото (950—990). Оно представлено сростками изометричных частиц с отдельными гранями кубических и октаэдрических кристаллов, часто в кварцевой «рубашке». Близкую характеристику имеют агрегаты золота в массе галогенидов серебра нижней части зоны окисления.

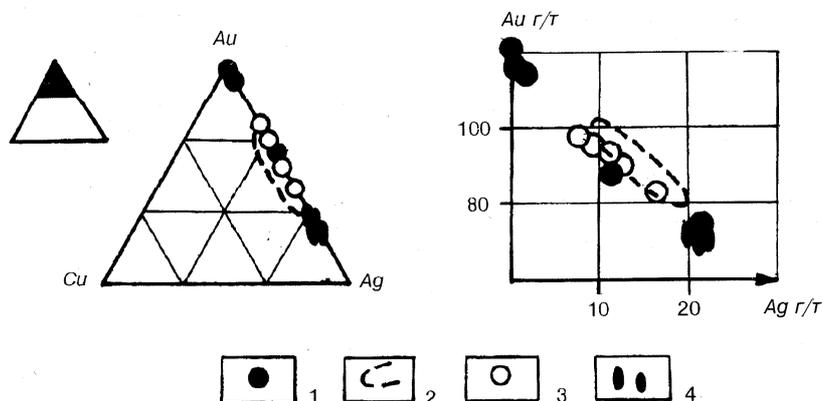


Рис. 5. Диаграммы составов самородного золота медноколчеданных месторождений Южного Урала.

На диаграмму вынесены содержания отдельных типов золотин из следующих месторождений: 1 — 2 — Гайское [7, 14]; 1 — зона континентального гипергенеза, 2 — «гипогенное золото»; 3 — Таш-Тау, зона субмаринного гипергенеза; 4 — Балта-Тау, зона континентального гипергенеза

По составу выделения самородного металла отличаются от гипогенного золота трех минеральных ассоциаций Гайского месторождения, в котором обычно содержится 10—20 % серебра [6, 7]. Такие данные не противоречат образованию охарактеризованных выделений зоны гипергенеза в результате химического переотложения, тем более, что длительность этого процесса охватывала почти 200 млн лет [2].

В нижней части зоны окисления месторождения Балта-Тау, где развиты карбонаты меди, обнаружено золото с соотношением Au:Ag 8:2. По морфологии и составу оно близко к гипогенному золоту месторождений Баймакского рудного района, описанному М. И. и М. З. Исмагиловыми [4]. Для данной зоны гипергенеза по имеющимся данным нельзя установить способ образования выделений металла; возможно они принадлежат к остаточному золоту.

Золото субмаринной зоны окисления из месторождения Таш-Тау представлено выделениями близкого состава (средние содержания Au 80—87 %, серебра — 9—16 %), но разной морфологии. Золотины с кружевной текстурой по строению напоминают горчичное золото. Учитывая данные В. В. Мурзина и А. А. Малюгина [8], можно предположить, что эти золотины образовались за счет разложения теллуридов золота и серебра. В пользу такого происхождения свидетельствуют присутствие теллура в количестве до 0.16 % и довольно высокое содержание серебра — 14—20 %. По мнению А. Манна [18], высокий уровень концентрации хлоридов в присутствии сернокислотных растворов обуславливает растворение теллуридов золота и серебра и частичное их переотложение.

Золотины с сотовой и каркасной текстурой менее «серебристые» и имеют более низкие содержания теллура (см. табл. 1). Эти золотины идентичны «гипогенным» выделениям золота в халькопирит-галенит-сфалеритовых рудах месторождения Бакр-Тау, расположенном на одном рудном поле с Таш-Тау [11]. Золото приурочено к поздним агрегатам бесцветного сфалерита, блеклых руд и борнита. Ранее продукты субмаринного гипергенеза в колчеданных рудах не выделялись и данные, полученные по месторождению Таш-Тау, позволяют предположить, что крупные золотины в неметаморфизованных колчеданных рудах могли образоваться в результате вторичного сульфидного обогащения на морском дне.

Реальность такого явления подтверждается прямыми находками самородного золота в окисленных черных курильщиках Срединно-Атлантического хребта и бассейна Лау в Меланезии [15, 16]. В первом случае на гидротермальном поле Снейк-Пит выделения золота сконцентрированы во внешней части сульфидных труб, подверженных придонному гипергенезу и локализуются в агрегатах дигенита, борнита, опал-гетитовых слоях. В бассейне Лау золотоносные постройки выявлены на поле Вай-Лили; выделения золота сосредоточены в барит-халькопирит-сфалеритовых рудах внешних стенок высокотемпературных труб. К сожалению, мы не располагаем данными о составе самородного золота современных черных курильщиков и не имеем возможности провести соответствующий сравнительный анализ, но надеемся, что дальнейшие минералогические исследования восполнят этот пробел.

Заключение

Таким образом, полученные данные о выделениях золота в зонах континентального и субмаринного гипергенеза медноколчеданных месторождений показали преобладание явлений химического переотложения благородного металла. В верхних частях зон, где проявлено полное окисление, золото наиболее высокопробное и образует субмикронные агрегаты. На более глубоких горизонтах, в подзоне вторичного сульфидного обогащения и области развития карбонатов меди, золото имеет содержания серебра 10—20 %. Состав выделений и их морфология позволяют предположить, что часть золотин образовалась за счет разложения теллуридов золота и серебра, а часть сформирована в результате растворения и последующего отложения металла из комплексных соединений с оксианионами серы или галогенидами.

Серебро в зонах континентального гипергенеза представлено, главным образом, галогенидами и, в подчиненном количестве, самородными агрегатами. Для субмаринного гипергенеза преобладающими формами являются теллуриды.

Выявление в верхних горизонтах колчеданных залежей зон с высокими концентрациями и крупными выделениями золота позволяет сделать вывод о возможности выявления нового типа россыпных месторождений. Благоприятной обстановкой для их формирования могут быть участки, на которых сульфидные сооружения полностью эродированы в субмаринных условиях. Золото должно концентрироваться в маломощных окисдно-железистых отложениях, покрывающих палеогидротермальные поля. Заслуживает внимания также возможность выявления россыпных месторождений золота на участках, где сульфидные залежи уничтожены при континентальном

гипергенезе. Благоприятной обстановкой является перекрытие корой выветривания зон подрудных сульфидизированных метасоматитов, выше которых располагались сульфидные залежи.

Автор благодарен В. В. Масленникову, Н. Б. Сергееву, Е. И. Чуринову, Р. Херрингтону, Л. А. Паутову, Е. В. Белогуб, С. П. Масленниковой и Л. В. Брюханову за помощь в проведении анализа минералов, обсуждении и оформлении результатов.

Литература

1. *Зайков В. В.* Строение и рудные фации медно-цинково-колчеданного месторождения Таш-Тау (Баймак-ский рудный район, Урал)//Уральский минералогический сборник, 1995, № 5. С. 197—215.
2. *Зайков В. В., Сергеев Н. Б.* Зона гипергенеза серноколчеданной залежи Гайского месторождения (Южный Урал)//Геология рудных месторождений, 1993, № 4. С. 20—32.
3. *Зайков В. В., Масленников В. В., Теленков О. С., Санько Л. А.* Железисто-кремнистые отложения Молодежного колчеданного месторождения//Кремнисто-железистые отложения колчеданосных районов. Свердловск: УрО АН СССР, 1989. С. 157—162.
4. *Исмагилов М. И., Исмагилова М. З.* Формы нахождения и закономерности распределения золота и серебра в рудах Майского и Бакр-Тауского золото-полиметаллических месторождений на Южном Урале// Минералогия и геохимия сульфидных месторождений Южного Урала и вмещающих их вулканогенных комплексов. Уфа: ИГ БФ АН СССР, 1972. С. 37—44.
5. *Масленников В. В., Зайков В. В.* О процессах придонного разрушения сульфидных построек в палеоокеанических структурах//Докл. АН СССР, 1991. Том 319, № 6. С. 1434—1437.
6. Минералогия Урала. Свердловск: УрО АН СССР, 1990. 390 с.
7. *Мурзин В. В.* Состав самородного золота Урала и его типоморфное значение. Свердловск: УНЦ АН СССР, 1983. 58 с.
8. *Мурзин В. В., Малюгин А. А.* Типоморфизм золота зоны гипергенеза. Свердловск: УНЦ АН СССР, 1987. 93 с.
9. *Нестеренко Г. В.* Прогноз золотого оруденения по россыпям. Новосибирск: СО Наука, 1991. 190 с.
10. *Петровская Н. В.* Самородное золото. М: Наука, 1973. 347 с.
11. *Серавкин И. Б.* Вулканизм и колчеданные месторождения Южного Урала. М.: Наука, 1986. 268 с.
12. *Сергеев Н. Б., Бугельский Ю. Ю., Кузнецова О. Ю.* Распределение золота в зоне окисления колчеданных месторождений Урала//Геология рудных месторождений, 1994. Том 38. № 4. С. 321—332.
13. *Сергеев Н. Б., Зайков В. В., Лапутина И. П., Трофимов О. В.* Золото и серебро в зоне гипергенеза серноколчеданной залежи Гайского месторождения (Южный Урал)//Геология рудных месторождений, 1994. Том 36. № 2. С. 169—183.
14. *Fouquet Y., Wafic A., Cambon P., Mevel C., Meyer G., Gent P.* Tectonic Setting and Mineralogical and Geochemical Zonation in the Snake Pit Sulfide Deposit (Mid Atlantic Ridge at 23° N)//Economic Geology, 1993, 88, № 8. 2018—2036.
15. *Herzig P., Hannington M., Fouquet Y., Stackelberg U., Petersen S.* Gold-Rich Polymetallic Sulfides from the Lau Back Arc and Implication for the Geochemistry of Gold in Sea-Floor Hydrothermal Systems of the Southwest Pacific // Economic Geology, 1993, 88, № 8. 2182—2209.
16. *Krupp R. E., Weiser T.* On the stability of gold-silver alloys in the weathering environment // Miner. dep. 1992, 27, № 4. 268—275.
17. *Mann A. W.*, Mobility of gold and silver in some Western Australian lateritic profiles. Res. Rev. CSIRO. Div. Miner. and Geochem. Canberra, 1986. 53.
18. *Thornber M. R.* Supergene alteration of sulphides. VII. Distribution of elements during the gossan-forming process//Chem.-Geol. 1985. 53. № 3—4. 279—301.