

УДК 549, 553.08

МИНЕРАЛОГИЯ ЗОЛОТА И СЕРЕБРА В БУРЫХ ЖЕЛЕЗНЯКАХ АЛЕКСАНДРИНСКОГО МЕСТОРОЖДЕНИЯ (ЮЖНЫЙ УРАЛ)

И.А. Блинов, Е.В. Белогуб, К.А. Новосёлов

Институт минералогии УрО РАН, г. Миасс; ivan_a_blinov@mail.ru

MINERALOGY OF GOLD AND SILVER OF GOSSANS OF THE ALEXANDRINSKOE DEPOSIT (SOUTH URALS)

I.A. Blinov, E.V. Belogub, K.A. Novoselov

Institute of Mineralogy UB RAS, Miass; ivan_a_blinov@mail.ru

В золотоносных бурых железняках Александринского месторождения были установлены собственные минеральные формы благородных минералов, представленные самородным золотом с концентрациями меди 4.64–9.39 мас. %, медьсодержащим ртутистым электрумом, членами ряда бромаргирит-хлоаргирит и иодаргиритом. В ассоциации с гётитом, золотом, азуритом и галогенидами серебра был обнаружен редкий сульфид-хлорид серебра и ртути, близкий к капгаронниту. Морфология и минеральная ассоциация самородного золота указывает на его гипергенное происхождение.

Илл. 3. Табл. 4. Библ. 32.

Ключевые слова: бурые железняки, минералы благородных металлов, золото, галогениды серебра, Александринское месторождение, Южный Урал.

The precious metal minerals were found in gossans of the Alexandrinskoe deposit: native gold with 4.64–9.39 wt. % Cu, Cu-bearing mercurian electrum, members of the bromargyrite-chlorargyrite series and iodargyrite. Rare Ag-Hg sulfide-halogenide close to capgaronnite is associated with goethite, native gold, azurite and silver halogenides. Morphology and mineral assemblage of gold indicate its supergene origin.

Figures 3. Tables 4. References 32.

Key words: brown iron ore, minerals of precious metals, gold, silver halides, Alexandrinskoe deposit, South Urals.

Введение

Железные шляпы колчеданных месторождений часто обогащены благородными металлами. Отработка таких объектов на Урале, по-видимому, началась ещё в бронзовом веке. Имеются указания на то, что одним из источников золота для изделий археологического возраста служили россыпи, образовавшиеся при размыве железных шляп колчеданных месторождений (Зайков и др., 2012). Разработка окисленных руд в историческое время на Урале началась в середине 18 века на Гумешевском месторождении на Среднем Урале. Около 1822 г.

в железных шляпах Конюховского, Смирновского и, возможно, Тиссовского месторождений в Карабашском районе (Южный Урал), которые до этого служили источником железорудного сырья, было найдено золото. С этого времени железные шляпы и подстилающие их баритовые пески стали обрабатывать для извлечения золота и серебра.

В XX веке многие колчеданные месторождения на Урале были открыты по выходам бурых железняков, исследования которых подтверждали их обогащённость золотом и серебром (Сергеев и др., 1996). Наиболее известными и значимыми из них являются Блявинское (Шадлун, 1948), Учалинское

(Серавкин и др., 1994) и Гайское (Зайков, Сергеев, 1993). Железные шляпы множества средних и мелких месторождений (Юбилейное, Западно-Озёрное, Семеновское и др.) были отработаны, но в то же время на целом ряде месторождений золотоносная железная шляпа не использовалась (Балта-Тау) или использовалась недостаточно эффективно. К последним относится и Александринское месторождение, где окисленные руды были складированы в отдельный отвал и на протяжении почти 20 лет использовались только эпизодически.

Александринское медно-цинково-колчеданное месторождение расположено в Нагайбакском районе Челябинской области в 25 км к северо-востоку от г. Магнитогорск.

Месторождение было открыто П.И. Отто и О.М. Шаповаловым в 1960 г. по выходам бурых железняков. С 1996 г. месторождение обрабатывает Александринская ГРК. Месторождение изучали коллективы ИГЕМ РАН (Н.Б. Сергеев И.В. Викентьев), ИМин РАН (В.В. Маслеников, С.Г. Тесалина и др.). На основании строения, химического и минерального состава руд месторождение было отнесено к типу куроко (Тесалина и др., 1998). Зона окисления унаследовала повышенные концентрации благородных металлов.

Специфической чертой зоны окисления Александринского месторождения является то, что она была развита преимущественно по разломам, в то

время как основное колчеданное рудное тело № 1 не выходило на дневную поверхность (Белогуб и др., 1996). Несмотря на это, в структуре зоны окисления присутствовали все подзоны, наблюдаемые на месторождениях, имевших выход на поверхность – «железная шляпа» с фрагментами ярозитов, подзона выщелачивания и вторичного медносульфидного обогащения. Все перечисленные подзоны характеризовались значительными содержаниями золота и серебра (табл. 1).

Ранее в зоне окисления Александринского месторождения были установлены самородная медь, золото, сера, акантит, куприт, гётит, оксиды и гидроксиды марганца, малахит, азурит, церуссит, смитсонит, дундазит, минералы структурного семейства ярозита (ярозит, алуниит, осаризаваит, промежуточные члены рядов осаризаваит-плюмбогуммит, осаризаваит-идальгоит), брошантит, познякит, цианотрихит, недиагностированный точно сульфат меди и алюминия, скородит, галогениды серебра и глинистые минералы – каолинит, иллит, монтмориллонит. На низких горизонтах отмечаются сульфиды меди группы халькозина и ковеллин, барит, англезит (Белогуб и др., 1996; Сергеев и др., 1996, 1997; Белогуб, Новосёлов, 1998; Белогуб, 2009*ф*). Нашими работами список минералов дополнен халькофанитом, вульфенитом и сульфид-хлоридом ртути и серебра (капгароннит?).

Таблица 1

Содержания благородных металлов в породах зоны окисления Александринского месторождения (ppm) (Новосёлов, 2000)

Table 1

Precious metals content of rocks from oxidation zone of the Alexandrinskoe deposit (ppm) (Novoselov, 2000)

№ ан.	Типы руд и пород	Au	Ag
1	Метасоматические сульфидные руды	6.6	22.0
2	Выщелоченные полиметаллические руды	12.4	22.4
3	Ковеллиновая сыпучка	1.0	43.4
4	Окисленная дезинтегрированная руда	7.4	318.4
5	Кварц-баритовая сыпучка	11.6	438.0
6	Баритовая сыпучка с сульфидами	12.0	452.2
7	Баритовая сыпучка	38.8	19062.2
8	Кварцево-серная сыпучка	9.8	88.0
9	Пиритовая сыпучка	8.8	115.4
10	Биверит-баритовая охра	27.8	331.2
11	Бурый железняк кавернозный	8.6	163.6
12	Бурый железняк массивный с реликтовыми сульфидами	10.8	57.0
13	Кварц-лимонит-баритовая рыхлая порода	2.6	258.2
14	Лимонитовая охристая порода	28.0	429.2

Целью работы была характеристика минералов-концентраторов благородных металлов в окисленных рудах.

Материалы и методика исследований

Образцы бурых железняков, отобраны Е.В. Белогуб и К.А. Новосёловым в 1996–2003 гг. из мало-мощных тел бурых железняков, развитых над первым рудным телом в действующем карьере Александринского месторождения на глубине 30-40 м от поверхности.

Содержания благородных металлов в определенных пробирным методом в лаборатории Миндякского рудника.

Состав минералов изучен в 7-ми аншлифах, характеризующих бурые железняки, методом растровой электронной микроскопии (Tescan Vega 3 sbu с ЭДС Oxford Instruments X-act, ускоряющее напряжение 20 кВ, аналитик И.А. Блинов). Детектор ЭДС снабжён тонким полимерным окном, позволяющим определять элементы тяжелее В. Количественный анализ проведён с использованием эталонов MINM-25-53 фирмы «ASTIMEX Scientific Limited» (стандарт № 01-044) и стандарт № 1362 фирмы «Microanalysis Consultants Ltd.».

Результаты исследований

Изученные породы представляли собой массивные, иногда кавернозные бурые железняки. Редко среди гидроксидов железа сохранялись реликты сульфидов.

Основу всех образцов составляли агрегаты гётита, железистого опала, реликтовых кварца, барита, редко – пирита, с незначительным присутствием глинистых слоистых силикатов. В пустотах и

трещинах гётита широко распространены агрегаты азурита и малахита, встречаются церуссит и смитсонит. Характерной особенностью химического состава карбонатов являются примеси (максимальное содержание, мас. %): в азурите – PbO 3.17, ZnO 1.36, FeO 2.12; в малахите – PbO 1.01, ZnO 1.35, FeO 2.79; в церуссите – ZnO 2.01, CuO 0.81; в смитсоните – PbO 1.06, FeO 1.05, CuO 1.65, CaO 0.79, Mg 0.90. Среди гётита и малахита были впервые для зон окисления колчеданных месторождений встречены выделения вульфенита величиной до 100 мкм. Состав вульфенита соответствует формуле $(Pb_{0.99}Ca_{0.02}Fe_{0.01})Mo_{1.00}O_{4.00}$.

Также для бурых железняков характерно широкое распространение минералов семейства ярозита, относящихся к изоморфным рядам ярозит–биверит, осаризаваит–идальгоит–гинсдаллит (Белогуб, 2009*ф*).

Золото в изученных образцах образует изометричные, иногда идиоморфные включения размером около 3 мкм в азурите, обособленном среди гидроксидов железа. Золото ассоциирует с минералами ртути – медь-содержащим ртутистым кюстелитом и сульфид-хлоридом серебра и ртути – капгароннитом(?).

В составе золота из этой ассоциации содержится до 7.39 мас. % Ag и до 9.39 мас. % Cu (табл. 2). Примечательно, что и в ртутистом кюстелите также присутствует существенная примесь меди. Следует отметить, что в первичном золоте примесь меди не зафиксирована, а содержания серебра колеблются от 3 до 32 мас. %.

Серебро образует как примесь в золоте, так и собственные галогениды. По составу галогениды серебра относятся к эмболитам – промежуточным

Таблица 2

Состав гипергенного золота (1-4) и ртутистого электрума (5) из бурых железняков Александринского месторождения (мас. %)

Table 2

Composition of supergene gold (1-4) and mercurian electrum (5) from brown ores of the Alexandrinskoe deposit (wt. %)

№ ан.	№ лаб.	Au	Ag	Cu	Hg	Сумма	Формулы
1	15147d	85.39	6.51	7.19	н.о.	99.09	$(Au_{0.71}Cu_{0.19}Ag_{0.10})_{1.00}$
2	15147g	87.97	7.39	4.64	н.о.	100	$(Au_{0.76}Ag_{0.12}Cu_{0.12})_{1.00}$
3	15147n	86.17	4.44	9.39	н.о.	100	$(Au_{0.70}Cu_{0.24}Ag_{0.07})_{1.00}$
4	15147o	88.77	4.64	6.59	н.о.	100	$(Au_{0.75}Cu_{0.17}Ag_{0.07})_{1.00}$
5	15147k	43.41	37.26	2.63	16.7	100	$(Ag_{0.50}Au_{0.32}Hg_{0.12}Cu_{0.06})_{1.00}$

Примечание. Формулы рассчитаны на Au + Ag + Cu + Hg = 1. Здесь и далее: Tescan Vega 3, аналитик И.А. Блинов.
Notes. Formulae are recalculated to metal sum of 1. Here and hereafter: Tescan Vega 3, analyst I.A. Blinov.

Таблица 3

Состав бромистого хлораргирита (1), хлористого бромаргирита (2, 3), иодаргирита (5–7) из бурых железняков Александринского месторождения (мас. %)

Table 3

Composition of chlorargyrite (1), chlorian bromargyrite (2, 3) and iodargyrite (5–7) from brown ores of the Alexandrinskoe deposit (wt. %)

№ ан.	№ лаб.	Cl	Br	Ag	I	Сумма	Формулы
1	15148b	14.35	16.24	68.12	1.29	100	$Ag_{1.02}(Cl_{0.65}Br_{0.33}I_{0.02})_{1.00}$
2	15148l	6.79	22.36	61.23	9.62	100	$Ag_{1.04}(Br_{0.51}Cl_{0.35}I_{0.14})_{1.00}$
3	15148k	1.12	38.52	58.65	1.71	100	$Ag_{1.03}(Br_{0.91}Cl_{0.06}I_{0.03})_{1.00}$
4	15119m	–	–	46.34	53.66	100	$Ag_{1.02}I_{1.00}$
5	15148c	0.59	1.52	45.66	52.24	100	$Ag_{0.95}(I_{0.92}Cl_{0.4}Br_{0.04})_{1.00}$
6	15148g	–	0.26	45.4	54.34	100	$Ag_{0.98}(I_{0.99}Br_{0.01})_{1.00}$
7	15057a	–	–	45.36	54.64	100	$Ag_{0.98}I_{1.00}$

Примечание. Формулы рассчитаны на Cl + Br + I = 1. Прочерк – не обнаружено.

Notes. Formulae are recalculated to anion sum of 1. Dash – not found.

членам изоморфного ряда хлораргирит–бромаргирит и иодаргириту (табл. 3). Иодаргирит образует прожилки мощностью до 5 мкм, тонкие вкрапления или тонкие сростания с эмболитом. Эмболит образует выделения размером до 50–70 мкм в пустотах гетитовых агрегатов. Иногда он имеет кристаллографические очертания. В отдельных случаях эмболит может сростаться с сульфид-хлоридом серебра и ртути.

Сульфид-хлорид серебра и ртути образует сростки с иодаргиритом, самостоятельные выделения и фрагменты скелетных кристаллов размером до 20 мкм. Встречается в ассоциации с гидроксидами железа, золотом, ртутистым электрумом и иодаргиритом (рис. 1). Химический состав минерала непостоянен (табл. 4): варьируют соотношения между анионной и катионной частями, между Cl и Br в позиции галогенов, между серой и суммой галогенов. Отмечаются примеси Cu и I. Состав минерала может быть сопоставлен с составом двух минералов – капгароннита и илтисита, отличающихся кристаллической структурой. В илтисит бром входит в качестве обязательного компонента, однако примеси брома и иода допускает также структура капгароннита. Следует отметить, что формула капгароннита с места первой находки обнаруживает существенный избыток галогенов (Mason et al., 1992).

Обсуждение результатов

Повышенные концентрации золота характерны для зон окисления колчеданных месторождений, сформированных в различных климатических условиях (Сергеев и др., 1996). На распределение

золота, помимо климата, также влияет и первичный состав руд. Считается, что в аридных условиях максимальные концентрации приурочены к подзоне выщелачивания, а в гумидных – к железной шляпе, где накапливается остаточное золото. Александринское месторождений располагается в семиаридном климате, первичные руды полиметаллические и обогащены золотом. В первичных рудах золото самородное, тонкое, характеризуется широкими вариациями содержания серебра и не содержит примесь меди (Тесалина и др., 1998; Викентьев и др., 2000).

Состав обнаруженного нами золота отличается от первичного существенными концентрациями меди (рис. 2).

Ранее считалось, что в зоне окисления сульфидных месторождений происходит очищение золота от примесей, а новообразованное золото должно иметь высокую пробность (Петровская, 1973; Мурзин, Малюгин, 1987). Как правило, новообразованное золото образует каймы вокруг реликтового. В «железной шляпе» неназванного золоторудного месторождения Среднего Урала тонкие каймы новообразованного золота описаны на самородной меди (Переляев, 1951). Г.В. Нестеренко с соавторами (1985) на примере колчеданно-полиметаллического месторождения Майкаин показали, что в верхних горизонтах золото высокопробное кристаллическое, дендритовидное, либо образует высокопробные каймы, развивающиеся вокруг реликтовых зёрен, содержащих серебро, а в нижних горизонтах (сыпучках) содержит больше серебра и окружено оторочкой сульфида золота – петровска-

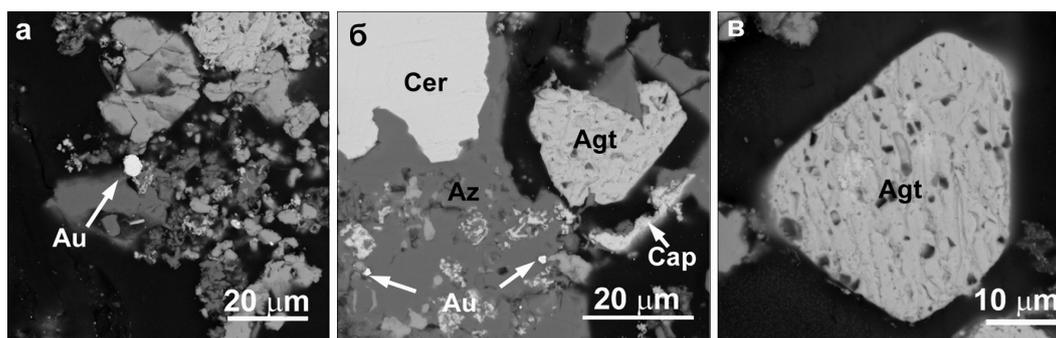


Рис. 1. Морфология минералов благородных земель в бурых железняках Александринского месторождения.

а – зерно золота (Au) среди гидроксидов железа и карбонатов меди; б – зёрна золота в азурите (Az) в ассоциации с церусситом (Cer), эмболитом (Agt) и сульфид-галогенидом серебра и ртути (Cap); в – кристалл эмболита. BSE-фото.

Fig. 1. Morphology of precious metal minerals in the brown ores of the Alexandrinskoe deposit: а – gold grain (Au) among Fe oxihydroxides and Cu carbonates; б – gold grains in azurite (Az) in assemblage with cerussite (Cer), embolite (Agt) and Ag-Hg sulfide-halogenide; в – embolite crystal. BSE images.

Таблица 4

Состав сульфид-хлорида серебра и ртути (мас. %)

Table 4

Composition of Ag-Hg sulfide-chloride (wt.%)

№ ан.	S	Cl	Cu	Br	Ag	I	Hg	Сумма
1	8.43	7.05	2.11	6.33	29.54	2.38	44.17	100
2	9.51	7.03	2.87	3.21	29.55	1.36	46.47	100
Формулы (на S = 1)								
1	$(\text{Ag}_{1.03}\text{Cu}_{0.12})_{1.16}\text{Hg}_{0.84}(\text{Cl}_{0.75}\text{Br}_{0.30}\text{I}_{0.07})_{1.12}\text{S}_{1.00}$							
2	$(\text{Ag}_{0.93}\text{Cu}_{0.15})_{1.07}\text{Hg}_{0.78}(\text{Cl}_{0.66}\text{Br}_{0.13}\text{I}_{0.03})_{0.83}\text{S}_{1.00}$							

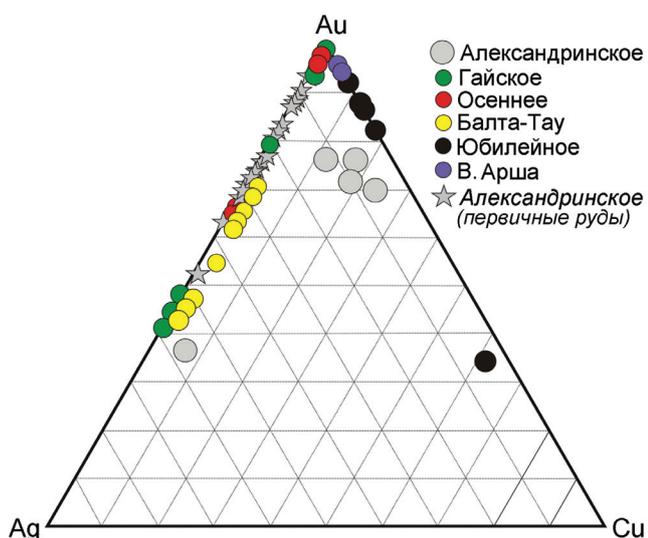


Рис. 2. Состав самородного золота из бурых железняков различных месторождений и – для сравнения – составы золота из первичных руд Александринского месторождения.

Fig. 2. Composition of supergene native gold from brown ores of various deposits, including composition of primary gold from ores of the Alexandrinskoe deposit.

ита. В то же время, медистое золото связывали с участием ультрамафитов в образовании месторождений.

Однако в последнее время появилось достаточно много данных о находках золота с примесью меди в зонах окисления. В золотоносных сидеритовых бурых железняках Юбилейного колчеданного месторождения микронное золото содержит от 2.6 до 34.04 мас. % меди (Блинов и др., 2016), при этом в сульфидных рудах золото содержит только примесь серебра и, в редких случаях, незначительное количество ртути (Целуйко, 2017). До 1.16 мас. % меди и 5.49 % ртути содержится в золоте из железной шляпы месторождения Балта-Тай (Зайков и др., 2003). В то же время, в золоте из подзоны выщелачивания содержания меди низкие (до 0.2 мас. % на Осеннем месторождении (Белогуб, 2009ф)) либо вообще отсутствуют, как на месторождениях Гайском (Трофимов и др., 1992; Сергеев и др., 1994) и Западно-Озёрном (Belogub et al., 2003) (см. рис. 2).

Обогащённое медью золото встречено в бурых железняках не только месторождений колчеданно-

го семейства. В верхней части зоны окисления Гумешевского медно-скарново-порфирового месторождения содержания меди в самородном золоте достигают 1.1 мас. % и более, при этом на нижних горизонтах золото не содержит меди (Азовскова и др., 2016, 2017). В золотине из железной шляпы Верхне-Аршинского месторождения цинка содержания меди составляли 1.37–1.81 мас. %, несмотря на то, что первичные руды не содержат меди, а в зоне окисления медь встречается только в составе природной латуни (Блинов, 2015). В торфяниках Ново-Урского месторождения (Кемеровская обл.) образуются частицы медьсодержащего золота размером до 1мкм (Мягкая и др., 2013).

Анализ морфологии и минеральных ассоциаций показывает, что обогащённое медью золото в бурых железняках имеет гипергенный характер и ассоциирует с вторичными медными минералами. В нижних частях зон окисления гипергенное золото не содержит значимых количеств меди. О.Б. Азовскова с соавторами (2017) полагают, что медистое золото на Гумешевском месторождении имеет гипергенно-гипогенный характер и может быть связано с процессами аргиллизации, завершающими развитие порфировых систем. Однако для колчеданных систем аргиллизация не характерна, а, учитывая ассоциацию медистого золота с карбонатами меди и типичными гипергенными галогенидами, можно сделать вывод о том, что происхождение медистого золота на этих объектах обязано гипергенным процессам.

Галогениды серебра часто присутствуют в различных частях зон окисления колчеданных месторождений, обогащённых серебром, и являются наиболее распространённой минеральной формой серебра в месторождениях, сформированных в аридном и семиаридном климате. Анализ доступных данных о составе галогенидов серебра в уральских зонах окисления показывает преобладание в них членов ряда бромаргирит–хлораргирит (эмболит). Примечательно, что наиболее близкие к хлораргириту составы фиксируются в мощной подзоне выщелачивания Гайского месторождения, в то время как составы галогенидов из бурых железняков и слабо развитых подзон выщелачивания обогащены бромом. Иодаргирит встречается очень редко, но был зафиксирован в бурых железняках не только колчеданных месторождений – Блявинском (Шадлун, 1948), Гайском (Зайков и др., 1993); Балта-Тау (Зайков и др., 2003); Александринском (Сергеев и др., 1996), Кабанском (Блинов, Бутяков,

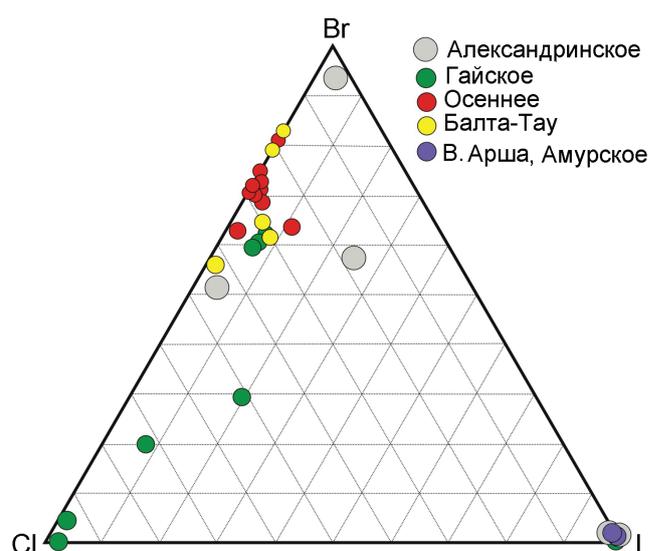


Рис. 3. Состав галогенидов серебра из зон окисления сульфидных месторождений Южного Урала.

Fig. 3. Composition of Ag halogenides from oxidation zones of the South Urals deposits.

2017; и др.), но и стратиформном Верхне-Аршинском (Блинов, 2015) (рис. 3).

Распространение галогенидов серебра в зонах окисления связано, в первую очередь, с чрезвычайно низкой растворимостью этих соединений, уменьшающейся в ряду Cl–Br–I. Однако, концентрации галогенов в поверхностных водах обычно очень низкие – десятки мг/л (Белогуб, 2009*ф*), поэтому в верхней части железной шляпы эти минералы встречаются редко. При испарении капельных вод возможно достижение пересыщений, необходимых для формирования этой минеральной группы. Гораздо больше вероятность их находок в подзоне выщелачивания за счёт того, что поровые воды, ассоциирующие с окисляющимися сульфидами, на порядок и более обогащены галогенами за счёт их выноса из вмещающих пород (Читаева и др., 1971).

В.Ф. Чухровым (1950) на примере колчеданных месторождений степной части Казахстана было установлено, что количество галогенидов серебра увеличивается с глубиной и достигает максимума в подзоне выщелачивания, что дало основания считать эти минералы индикаторными для аридного климата. Однако, помимо пересыщения растворов, формирование галогенидов в подзоне выщелачивания также может отражать повышение Eh, в результате которого галогенидные комплексы серебра становятся неустойчивыми (Webster, Mann, 1984), хотя миграция серебра в этом виде в нижней части подзоны окисления с низкими pH и избытком рас-

творённых форм серы сомнительна (Сергеев и др., 1994). По-видимому, решающими являются разрушение сульфоксианионных комплексов серебра (тиосульфатных, сульфитных) на окислительном барьере и содержания галогенов в водах. Возможно, одним из результатов этого процесса также может быть формирование сульфид-хлоридов серебра и ртути, которые, в отличие от галогенидов, очень редки. На Урале до сих пор известна одна находка подобного соединения в бурых железняках месторождения Балта-Тау, предварительно отнесённая к перроудиту (В.В. Зайков, В.Ю. Карпенко, неопубликованные данные).

Существует два минерала, соответствующих формуле AgHgClS (капгароннит, ромб.) и $\text{HgAg}(\text{Cl}, \text{Br})\text{S}$ (илтисит, гекс.), а также перрудит $\text{Hg}_3\text{Ag}_4\text{S}_5(\text{I}, \text{Br})_2\text{Cl}_2$ с несколько иными соотношениями между элементами и значительным присутствием иода (www.mindat.org). Перечисленные минералы описаны в конце XX в. на одном месторождении Кап-Гаронна (Франция) и достаточно редки, где они ассоциировали с оливинитом, цианотрихитом, брошантитом и реликтовым Ag- и Hg-теннантитом (Mason et al., 1992).

Находки вульфенита типичны для зон окисления богатых свинцом месторождений. Для его образования необходимы настолько низкие содержания молибдена в рудах, что собственные минералы молибдена в них могут и не выявляться (Смирнов, 1955).

Заключение

Детальное изучение бурых железняков Александринского месторождения позволило установить собственные минеральные формы благородных минералов, представленные самородным золотом с повышенными концентрациями меди и галогенидами серебра. В ассоциации с золотом, азурином и галогенидами серебра был обнаружен редкий сульфид-хлорид меди и ртути. Морфология и минеральная ассоциация самородного золота указывает на его гипергенное происхождение. Для золота из бурых железняков некоторых других сульфидных месторождений Урала также характерны повышенные концентрации меди. Таким образом, медистое золото в природе может формироваться не только в связи с ультрамафитами.

Работа выполнена в рамках бюджетной темы Института минералогии УрО РАН, проект № АААА-А16-116021010244-О и частично Программы УрО РАН № 15-11-5-23.

Литература

- Азовскова О.Б., Малюгин А.А., Ровнушкин М.Ю. (2016) Самородное золото из рудоносного карста Гумешевского месторождения, Средний Урал. *Металлогения древних и современных океанов*, 172–176.
- Азовскова О.Б., Ровнушкин М.Ю., Халилова А.Ф. (2017) Типоморфные особенности самородного золота в корях выветривания Гумешевского месторождения / *Проблемы минералогии, петрографии и металлогении. Научные чтения памяти П.Н. Чирвинского*, (20), 3–8.
- Белогуб Е.В. (2009ф) Гипергенез сульфидных месторождений Южного Урала. *Дисс... доктора геол.-минерал. наук*. Миасс, ИМин УрО РАН, 537с.
- Белогуб Е.В., Новосёлов К.А., Зайков В.В. (1996) Первые данные о минералогии зоны гипергенеза Александринского медно-цинково-колчеданного месторождения (Урал). *Уральский минералогический сборник*. Миасс, ИМин УрО РАН, (6), 166–177.
- Блинов И.А. (2015) Самородные металлы, селениды, галогениды и ассоциирующие минералы из бурых железняков Амурского и Верхне-Аршинского месторождений (Южный Урал). *Литосфера*, (1), 65–74.
- Блинов И.А., Белогуб Е.В., Новосёлов К.А. (2016) Гипергенные самородные металлы, интерметаллиды, сульфиды и селениды в бурых железняках Юбилейного месторождения, Южный Урал. *Металлогения древних и современных океанов-2016. От минералогенеза к месторождениям*. Миасс, ИМин УрО РАН, 106–110.
- Блинов И.А., Бутяков А.В. (2017) Минералы зоны окисления Кабанского колчеданного месторождения (Средний Урал) *Металлогения древних и современных океанов-2017*, 70–74.
- Викентьев И.В., Беленькая Ю.А., Агеев Б.И. (2000) Александринское колчеданно-полиметаллическое месторождение (Урал, Россия). *Геология рудных месторождений*, 22(3), 248–274.
- Зайков В.В., Белогуб Е.В., Котляров В.А. (2003) Галогениды серебра и самородное золото из зоны окисления месторождения Балта-Тау (Южный Урал) / *Минералогия Урала. Т. 2. Матер. IV Всеросс. совещания*, 16–20.
- Зайков В.В., Сергеев Н.Б. (1993) Зона гипергенеза серноколчеданной залежи Гайского месторождения (Южный Урал). *Геология рудных месторождений*, (4), 20–32.
- Зайков В.В., Таиров А.Д., Зайкова Е.В., Котляров В.А., Яблонский Л.Т. (2012) Благородные металлы в рудах и древних золотых изделиях Южного Урала. Екатеринбург, 232 с.
- Мурзин В.В., Малюгин А.А. (1987) Типоморфизм золота зоны гипергенеза (на примере Урала). Свердловск, УНЦ АН СССР, 96 с.
- Мягкая И.Н., Лазарева Е.В., Густайтис М.А., Заякина С.Б., Полякова Е.В., Жмодик С.М. (2013) Золо-

то в системе сульфидные отходы и торфяник как модель поведения в геологических процессах. *Доклады академии наук*, **453**(2), 201–206.

Нестеренко Г.В., Воротников Б.А., Николаева Н.М., Пещевецкий Б.И. (1985) Новообразования минералов золота в зоне окисления сульфидных месторождений Казахстана. *Записки ВМО*, **114**(5), 555–567.

Новоселов К.А. (2000) Зоны окисления над слепыми колчеданными залежами Александринского и Западно-Озерного месторождений (Южный Урал). *Автореф. дисс... канд. геол.-мин. наук*. С-Пб, 18 с.

Переляев А.П. (1951) Ассоциация самородного золота и самородной меди супергенного происхождения. *Записки ВМО*, **80**(4), 289–291.

Петровская Н.В. (1973) Самородное золото. М, Наука, 348 с.

Серавкин И.Б., Пирожок П.И., Скуратов В.Н. и др. (1994) Минеральные ресурсы Учалинского горно-обогатительного комбината. Уфа, Башк. кн. изд., 328 с.

Сергеев Н.Б., Бугельский Ю.Ю., Кузнецова О.Ю. (1996) Распределение золота в зоне окисления колчеданных месторождений Урала: влияние состава первичных руд и климата. *Геология рудных месторождений*, **38**(4), 321–333.

Сергеев Н.Б., Викентьев И.В., Лапутина И.П. (1997) Минералы золота и серебра в окисленных рудах Александринского месторождения (Южный Урал) / *Важнейшие промышленные типы россыпей и месторождений кор выветривания, технология оценки и освоения*. М., ИГЕМ РАН, 227 с.

Сергеев Н.Б., Зайков В.В., Лапутина И.П., Трофимов О.В. (1994) Золото и серебро в зоне гипергенеза серно-колчеданной залежи Гайского месторождения (Южный Урал). *Геология рудных месторождений*, **36**(2), 169–183.

Смирнов С.С. (1955) Зона окисления сульфидных месторождений. Издание третье. М.-Л., АН СССР, 232 с.

Тесалина С.Г., Масленников В.В., Сурип Т.Н. (1998) Александринское медно-цинково-колчеданное месторождение. Миасс, ИМин УрО РАН, 228 с.

Трофимов О.В., Зайков В.В., Сергеев Н.Б., Масленникова С.П. (1992) Зона окисления Гайского медно-колчеданного месторождения. Миасс, ИМин УрО РАН, 62 с.

Целуйко А.С. (2017) Минералы золота и серебра в рудных фациях Юбилейного медноколчеданного месторождения (Южный Урал). *Металлогения древних и современных океанов-2017*, 74–78.

Читаева Н.А., Миллер А.Д., Гроссе Ю.И., Чистякова Н.И. (1971) Особенности распределения иода в зоне гипергенеза Гайского медноколчеданного месторождения. *Геохимия*, **6**, 696–709.

Чухров Ф.В. (1950) Зона окисления сульфидных месторождений степной части Казахстана (особенности и закономерности парагенезиса минералов). М., АН СССР, 244 с.

Шадлун Т.Н. (1948) Минералогия зоны окисления колчеданного месторождения Блява на Южном Урале. *Труды ИГН АН СССР, сер. рудн. м-й*. М., **96**(11), 58 с.

Belogub E.V., Novoselov S.A., Spiro B., Yakovleva B. (2003) Mineralogical and sulphur isotopic features of the supergene profile of Zapadno-Ozernoye massive sulphide and gold-bearing gossan deposit, South Urals. *Mineralogical Magazine*, **67**(2), 339–354.

Mason B., Mumme W.G., Sarp H. (1992) Capgaronite, HgS·Ag(Cl,Br,I), a new sulfide-halide mineral from Var, France. *American Mineralogist*, **77**, 197–200.

Webster, J.G. and Mann, A.W. (1984) The influence of climate, geomorphology and primary geology on the supergene migration of gold and silver. *Journal of Geochemical Exploration*, **22**, 21–24.

www.mindat.org

References

Azovskova O.B., Malyugin A.A., Rovnushkin M.Yu. (2016) [Native gold from the ore-bearing karst of the Gumeshevskoye deposit, Middle Urals]. *Metallogeniya drevnih i sovremennykh okeanov [Metallogeny of ancient and modern oceans]*, 172–176. (in Russian)

Azovskova O.B., Rovnushkin M.Yu., Khalilova A.F. (2017) [Typomorphic features of native gold in the weathering crusts of the Gumeshevsky deposit]. *Problemy mineralogii, petrografii i metallogenii. Nauchnye chteniya pamyati P.N. Chirvinskogo. [Problems of mineralogy, petrography and metallogeny. Scientific readings of the memory of P.N. Chirvinsky]*, (20), 3–8. (in Russian)

Belogub E.V. (2009) [Supergene of sulfide deposits in the South Urals]. *Dissertatsiya na soiskanie uchenoy stepeni doktora geologo-mineralogicheskikh nauk [Thesis for the degree of Doctor of Geological and Mineralogical Sciences]*. Miass, 537 p. (in Russian)

Belogub E.V., Novoselov K.A., Zaikov V.V. (1996) [The first data on mineralogy of the supergene zone of the Alexandrinsky copper-zinc massive sulfide deposit (Ural)]. *Ural'skiy mineralogicheskiy sbornik [The Ural Mineralogical Collection. Miass, IMIN UB RAS]*, (6), 166–177. (in Russian)

Blinov I.A. (2015) [Native metals, selenides, halides and associated minerals from brown iron ore of the Amur and Verkhne-Arshinsky deposits (South Ural)]. *Litosfera [Lithosphere]*, (1), 65–74. (in Russian)

Blinov I.A., Belogub E.V., Novoselov K.A. (2016). [Supergene native metals, intermetallides, sulphides and selenides in brown iron ore of the Yubileynoe deposit, South Ural]. *Metallogeniya drevnykh i sovremennykh okeanov-2016. Ot mineralogeneza k mestorozhdeniyam. [Metallogeny of*

ancient and modern oceans-2016. From mineralogenesis to deposits], Miass, IMIN UB RAS, 106–110. (in Russian)

Blinov I.A., Butiakov A.V. (2017) [Minerals of the oxidation zone of the Kaban massive sulfide deposit (Central Urals)] *Metallogeniya drevnikh i sovremennykh okeanov-2017, [Metallogeny of ancient and modern oceans-2017]*, 70–74. (in Russian)

Chitaeva N.A., Miller AD, Grosse Yu.I., Chistyakova N.I. (1971) [Peculiarities of iodine distribution in the supergenesis zone of the Gaysky copper-pyrite deposit]. *Geokhimiya [Geochemistry]*, **6**, 696–709.

Chukhrov V.F. (1950) [Oxidation zone of sulfide deposits of steppe part of Kazakstan (features of mineral paragenesis)]. M., AS USSR, 244 p.

Murzin V.V., Malyugin A.A. (1987) [Typomorphism of gold from the supergene zone (Urals as example)]. Sverdlovsk, USC AS USSR, 96 p. (in Russian)

Myagkaya I.N., Lazareva E.V., Gustaitis M.A., Zayakina S.B., Zhmodik S.M., Polyakova E.V. (2013). [Gold in the sulfide waste-peat bog system as a behavior model in geological processes]. *Doklady Earth Sciences*, **453**(1), 1132–1136. (in Russian)

Nesterenko G.V., Vorotnikov B.A., Nikolaeva N.M., Peshchevitskiy G.V. (1985) [Formation of new Au minerals in oxidation zone of sulfide deposits of Kazakhstan]. *Zapiski VMO [Proceedings of Russian Mineralogical Society]*, **114**(5), 555–567. (in Russian)

Perelyaev A.P. (1951) [Assemblage of native gold and native copper]. *Zapiski VMO [Proceedings of Russian Mineralogical Society]*, **80**(4), 289–291. (in Russian)

Petrovskaya V.N. (1973) [Native gold]. M., Nauka, 348 p. (in Russian)

Novoselov K.A. (2000) [Oxidation zones over the blind massive sulfide deposits of the Alexandrinskoe and Zapadno-Ozernoye deposits (Southern Urals)]. *Avtoreferat dissertatsii kandidata geologo-mineralogicheskikh nauk [Author's abstract. PhD]*. St.-Petersburg, 18 p. (in Russian)

Seravkin I.B., Pirozhok P.I., Skuratov V.N. et. al. (1994). [Mineral resources of Uchalinsky ore mining and processing enterprise]. Ufa, Bashk. book. ed., 328 p. (in Russian)

Sergeev N.B., Bugelsky Yu.Yu., Kuznetsova O.Yu. (1996) [Distribution of gold in the oxidation zone of massive sulfide deposits of the Urals: the effect of composition of primary ores and climate]. *Geologiya rudnykh mestorozhdeniy [Geology of Ore Deposits]*, **38**(4), 321–333. (in Russian)

Sergeev N.B., Vikentiev I.V., Laputina I.P. (1997) [Minerals of gold and silver in oxidized ores of the Alexandrinsky deposit (South Ural)] In: *Vazhneyshie promyshlennye tipy rossyey i mestorozhdeniy kor vyvetrivaniya, tekhnologiya otsenki i osvoeniya [Most important industrial types of placers and weathering crust deposits, technology of estimation and exploration]*. Moscow, IGEM RAS, 227 p. (in Russian)

Sergeev N.B., Zaikov V.V., Laputina I.P., Trofimov O.V. (1994) [Gold and silver in the supergenesis zone of the pyrite orebody of the Gai deposit (South Urals)]. *Geologiya rudnykh mestorozhdeniy [Geology of Ore Deposits]*, **36**(2), 169–183. (in Russian)

Shadlun T.N. (1948) [Mineralogy of the oxidation zone of Blyava massive sulfide deposit of the South Urals]. *Trudy Instituta geologii AN SSSR, ser. rudnykh mestorozhd. [Proceedings of the Institute of Geology, Academy of Sciences of the USSR, ser. ore dep.]*, M., **96**(11), 58 p. (in Russian)

Smirnov S.S. (1955) [Zone of oxidation of sulfide deposits]. The third edition. Publishing house of the USSR Academy of Sciences. Moscow–Leningrad, 232 p. (in Russian)

Tesalina S.G., Maslennikov V.V., Surin T.N. (1998) [Alexandrinskoe copper-zinc-massive sulfide deposit]. Miass, IMIN UB RAS, 228 p. (in Russian)

Trofimov O.V., Zaikov V.V., Sergeev N.B., Maslennikova S.P. (1992) [Oxidation zone of the Gai copper massive sulfide deposit]. Miass, IMIN UB RAS, 62 p. (in Russian)

Tseluyko A.S. (2017) [Minerals of gold and silver in ore facies of the Yubileynoe copper massive sulfide deposit (South Urals)]. *Metallogeniya drevnikh i sovremennykh okeanov-2017 [Metallogeny of ancient and modern oceans-2017]*, 70–74. (in Russian)

Vikent'ev I.V., Belenkaya Yu.A., Ageev B.I. (2000) [Alexandrinsky sulphide-polymetallic deposit (Ural, Russia)]. *Geologiya rudnykh mestorozhdeniy [Geology of ore deposits]*, **22**(3), 248–274.

Zaikov V.V., Belogub E.V., Kotlyarov V.A. (2003) [Silver halogenides and native gold from the oxidation zone of the Balta-Tau deposit (South Ural)]. In: *Mineralogiya Urala – materialy IV Vserossiyskogo soveshchaniya. Bd. 2 [Mineralogy of the Urals. Proceedings of IV All-Russian Conference]*, 16–20. (in Russian)

Zaikov V.V., Sergeev N.B. (1993) [Supergene zone of the pyrite orebody of the Gay deposit (South Ural)]. *Geologiya rudnykh mestorozhdeniy [Geology of Ore Deposits]*, (4), 20–32. (in Russian)

Zaikov V.V., Tairov A.D., Zaykova E.V., Kotlyarov V.A., Yablonsky L.T. (2012) [Precious metals in ores and ancient gold products of the South Urals]. Yekaterinburg, 232 p. (in Russian)

Поступила в редакцию 1 октября 2017 г.