

УДК 549(470.55/.57)

МИКРОВКЛЮЧЕНИЯ РУДНЫХ МИНЕРАЛОВ В ЗОЛОТЕ МИАССКОЙ РОССЫПНОЙ ЗОНЫ (ЮЖНЫЙ УРАЛ) КАК ПОКАЗАТЕЛЬ КОРЕННЫХ ИСТОЧНИКОВ

© 2017 г. В. В. Зайков, В. А. Котляров, Е. В. Зайкова*, И. А. Блинов

Представлено академиком РАН В.А. Коротеевым 01.06.2015 г.

Поступило 01.06.2015 г.

Для характеристики минералогии россыпного золота Южного Урала проведены поиски и исследование микровключений рудных минералов в зёрнах самородного золота. Изучено 110 неокатанных и слабо окатанных зёрен в 1–2 мм из восьми россыпных зон. Микровключения рудных минералов выявлены в шести россыпях Миасской зоны. Список включает сульфиды, арсениды, медистое золото, платиноиды. Для всех микровключений установлена связь с конкретными месторождениями рудного золота и хромитопроявлениями. Отмечено, что северные фланги Таловского, Нуралинского массивов, к которым приурочены золотые россыпи с платиноидами, требуют опосредованного опосредования в отношении платиноидной минерализации.

DOI: 10.7868/S0869565217300156

При изучении зёрен золота из россыпей Англии, США, Канады выявлены микровключения рудных минералов [14, 12, 13]. На территории России наиболее полные соответствующие работы в последние годы проведены З.С. Никифоровой [3]. Авторы нашей работы впервые целенаправленно выполнили поиск и исследование микровключений рудных минералов в золоте восьми россыпных зон Южного Урала. В итоге было изучено 110 неокатанных и слабо окатанных зёрен самородного золота в 1–2 мм. В десяти из них Миасской россыпной зоны выявлены микровключения рудных минералов. Состав микровключений определён на электронных микроскопах с энерго-дисперсионными приставками: РЭММА 202М, Tescan Vega 3. Материал для исследований был предоставлен сотрудниками Ильменского государственного заповедника УрО РАН и ООО «Миасский прииск» из рабочих коллекций.

Наша работа посвящена характеристике выявленных микровключений рудных минералов в зёрнах золота шести россыпей (Нижнекарабашской, Киалимской, Среднемиасской, Мало-Ирмельской, Сулейменовской, Поляковской). Сведения о микровключениях использованы для определения вероятных коренных источников Au.

*Институт минералогии Уральского отделения
Российской Академии наук, Миасс Челябинской обл.*

*E-mail: liza@mineralogy.ru

МИАССКАЯ РОССЫПНАЯ ЗОНА

Зона расположена на территории Челябинской обл. и Республики Башкортостан (рис. 1), имеет длину 140 км и является наиболее богатой на Южном Урале [7]. Многочисленные россыпи (~90) разрабатывали с XIX до начала XXI в. По данным геологоразведочных организаций, общая учтённая добыча Au из миасских россыпей ~125 т. В россыпях неоднократно были взяты самородки, в том числе самый крупный в России «Большой треугольник» в 32,06 кг, который хранится в Алмазном фонде РФ.

Миасская россыпная зона [6, 2] охватывает центральный сегмент Главного Уральского разлома, шириной с оперяющими дизъюнктивами 10–20 км. Данный разлом относится к категории сутурных зон и вмещает тела альпинотипных гипербазитов, фрагменты островодужных девонских построек, палеозойские гранитоидные массивы. Широкое сочетание геологических комплексов обусловило золоторудную, хромитовую, платиноидную минерализацию [4], влияющую на состав россыпей. Это позволило установить принадлежность микровключений к определённым типам руд. Перечень выявленных микровключений и состав вмещающего золота показан в табл. 1.

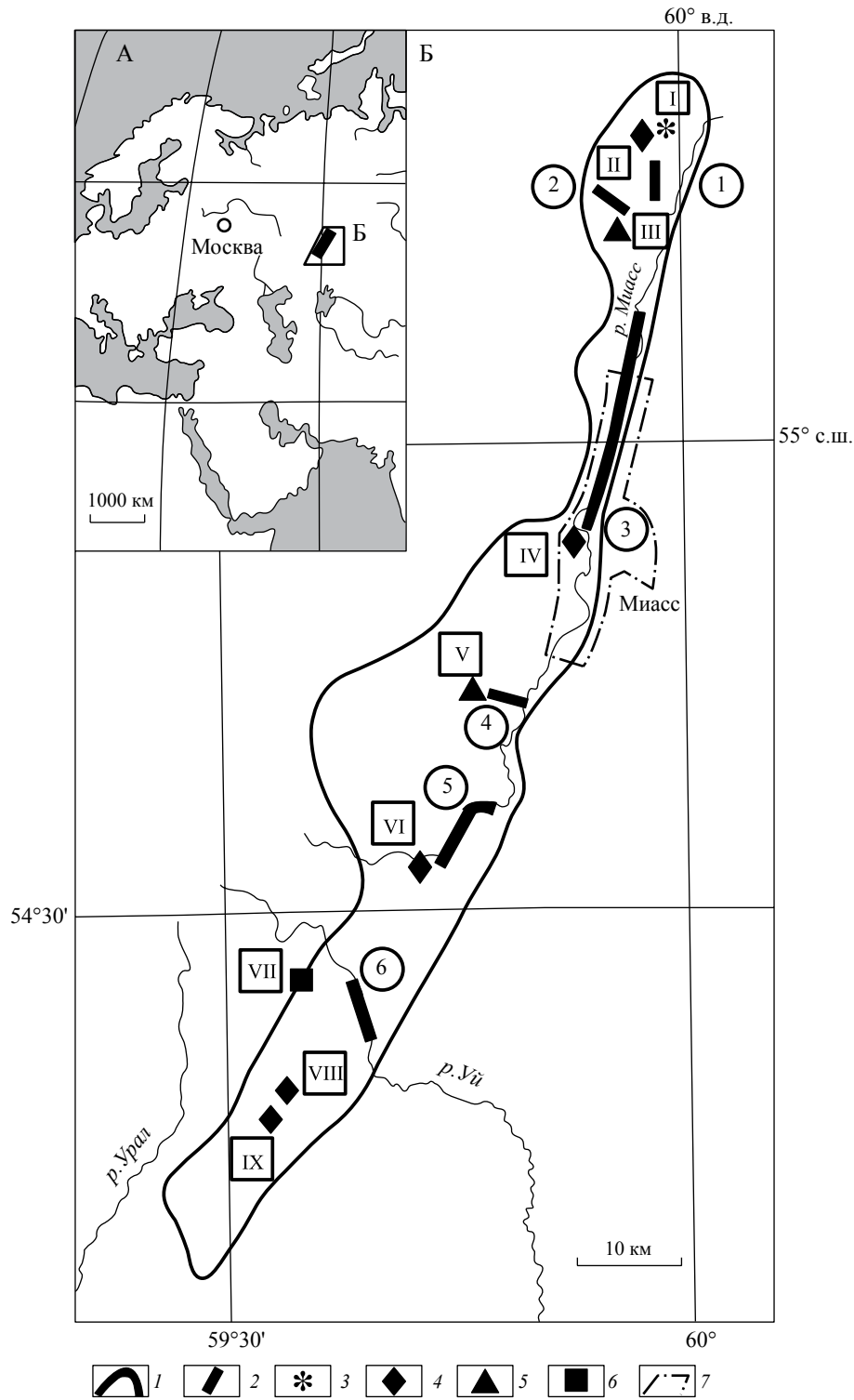


Рис. 1. Миасская россыпная зона: А – географическая позиция, Б – расположение россыпей с микровключениями рудных минералов в зёрнах золота и коренных источников микровключений. 1 – контуры зоны; 2 – россыпи, в которых установлены микровключения рудных минералов в зёрнах золота цифры в кружках (1 – Нижнекарабашская, 2 – Киалимская, 3 – Среднемиасская, 4 – Мало-Иремельская, 5 – Сулейменовская, 6 – Поляковская); 3–6 – месторождения и проявления, служившие источниками Au для рассматриваемых россыпей: 3 – золото-родингитовое, 4 – золото-колчеданные, золото-сульфидные, 5 – хромитовые, хромито-платиновые, 6 – золото-кварц-сульфидные, 7 – территория г. Миасса. Номера месторождений: I – Золотая Гора, II – Карабашская группа, III – Сардагкульское, IV – Мелентьевское, V – Северо-Нуралинская группа (Приозерное, Мокрая Яма, Сияк-Тукан, Ольгинское), VI – Орловское, VII – Большой и Малый Каран, VIII – Ик-Давлят, IX – Муртукты.

Таблица 1. Рудные микровключения в зернах золота из россыпей Южного Урала, %

№	Россыпь	№ зерна	Минерал	Кристаллохимическая формула	Вмещающее Au			
					Au	Ag	Cu	Hg
1	Нижнекарабашская	3446-2	Тетрааурикуприд	$(\text{Cu}_{0,96}\text{Ag}_{0,03})_{0,99}\text{Au}_{1,00}$	99	1	—	—
		3446-а	Тетрааурикуприд	$(\text{Cu}_{0,96}\text{Ag}_{0,03})_{0,99}\text{Au}_{1,00}$	86	13	1	—
		3446-б	Халькозин-1 Халькозин-2	$(\text{Cu}_{1,49}\text{Fe}_{0,13}\text{Ag}_{0,01})_{1,63}\text{S}_{1,00}$ $(\text{Cu}_{1,05}\text{Ag}_{0,52}\text{Hg}_{0,08}\text{Fe}_{0,02})_{1,67}\text{S}_{1,00}$	68	27	0,4	4
2	Киалимская	К2-С-1	Рутений Лаурит Rh–Ir-аналог толовкита	$(\text{Ru}_{0,56}\text{Os}_{0,23}\text{Ir}_{0,16}\text{Rh}_{0,03}\text{Pt}_{0,01})_{1,00}$ $(\text{Ru}_{0,91}\text{Ir}_{0,09}\text{Rh}_{0,02})_{1,02}\text{S}_{2,00}$ $(\text{Rh}_{0,60}\text{Ir}_{0,34})_{0,94}(\text{Sb}_{0,94}\text{S}_{1,06})_{2,00}$	93	5	1	—
3	Среднемиасская	3444-2	Халькопирит	$\text{Cu}_{0,96}\text{Fe}_{1,00}\text{S}_{2,00}$	90	9	—	—
4	Мало-Иремельская	Ир2-4-1	Рутений Изоферроплатина	$(\text{Ru}_{0,44}\text{Os}_{0,28}\text{Ir}_{0,19}\text{Rh}_{0,05}\text{Pt}_{0,02}\text{Fe}_{0,01})_{1,00}$ $(\text{Pt}_{2,99}\text{Ru}_{0,04})_{3,02}(\text{Fe}_{0,96}\text{Ni}_{0,02})_{0,98}$	92	8	—	—
		Ир2-4	Ксингцхонгит	$(\text{Cu}_{0,72}\text{Pb}_{0,22}\text{Fe}_{0,05}\text{Cd}_{0,03}\text{Ni}_{0,02})_{1,04}$ $(\text{Ir}_{0,76}\text{Pt}_{0,65}\text{Rh}_{0,58})_{1,99}\text{S}_{4,00}$				
5	Сулейменовская	Б3-1	Галенит	$\text{Pb}_{1,00}(\text{S}_{0,96}\text{Se}_{0,04})_{1,00}$	91	8	0,2	—
6	Поляковская	3439-а	Галенит	$\text{Pb}_{0,98}(\text{S}_{0,96}\text{Se}_{0,04})_{1,00}$	90	10	—	—
		3439-б	Арсенопирит	$\text{Fe}_{1,04}(\text{As}_{1,19}\text{Sb}_{0,01})_{1,20}\text{S}_{1,00}$	93	5	—	0,5
			Халькопирит	$\text{Cu}_{0,95}\text{Fe}_{0,96}\text{S}_{2,00}$				
			Сфалерит	$\text{Zn}_{0,89}\text{Fe}_{0,10}\text{S}_{1,00}$				
			Пирит	$\text{Fe}_{0,98}\text{S}_{2,00}$				
Пирротин	$\text{Fe}_{0,87}\text{S}_{1,00}$							

Примечание. Анализ микровключений и вмещающего золота выполнен на приборах РЭММА 202М (аналитик В.А. Котляров) и Tescan Vega 3 (аналитик И.А. Блинов).

МОРФОЛОГИЯ И СОСТАВ МИКРОВКЛЮЧЕНИЙ РУДНЫХ МИНЕРАЛОВ

Тетрааурикуприд и аурикуприд (?). Микровключения обнаружены в зёрнах золота Нижнекарабашской россыпи и аналогичны золотосодержащим минералам месторождения Золотая Гора [10]. Медистое золото в зерне 3446-а имеет структуру распада в виде решётчатых ламелей. Состав более широких полос соответствует тетрааурикуприду, мас. %: Cu 23, Ag 1, Au 76; состав тонких – близок к аурикуприду. В зерне 3446-2 на выделениях тетрааурикуприда 30×100 мкм наблюдается оболочка близкого к аурикуприду минерала толщиной 20–60 мкм, которая покрывается прерывистой выскопробной каймой золота (Au 98–99%).

Платиноиды и сульфиды ЭПГ. В Киалимской россыпи в зерне К2-С-1 в золоте установлены таблитчатые сростки рутения иридиево-осмиевого, лаурита и сульфостибнида 15×4 –10 мкм. Состав лаурита, мас. %: Ru 48–54, Ir 10–13, Rh 1–3, S 36–37; рутений: Ru 41–42, Os 30–32, Ir 23–24, Rh 2. К сульфостибниду отнесены включения состава, мас. %: Rh 22, Ir 24, Sb 41, S 12. Минерал, вероятно, является Rh–Ir аналогом толовкита, однако для точной диагностики требуются дополнительные исследования.

В Мало-Иремельской россыпи в зерне Ир2-4-1 установлен сросток Au с Ru иридиево-осмиевым и изоферроплатиной. В зерне Ир-2-4 золото содержит червеобразные микровключения размером 5–30 мкм сульфида ЭПГ, по составу соответствующего ксингцхонгиту [15] (первая

находка на Урале). Состав, мас. %: Rh 10–14; Ir 22–27; Pt 21–23; Pb 7–10; Cu 8; Cd 0,5–0,6; Ni 0,2; Fe 0,4–0,6; S 22–23.

Среди микровключений сульфидов ЭПГ в золоте выявлены индивиды размером 5–10 мкм, предварительно определённые по составу как маланит(?) и куперит(?). Состав первого, мас. %: Rh 7,52; Ir 19,35; Pt 39,13; Fe 0,13; Cu 10,23; S 23,63. В анализе минерала отмечен недостаток Cu (~0,1 ф.е.). Куперит (?) соответствует составу, мас. %: Ni 0,89; Pt 84,34; S 15,41.

Сульфиды цветных металлов. В зерне 3446-в Нижнекарабашской россыпи выявлены многочисленные включения сульфидов меди из группы халькозина. Они слагают рои по 10–20 частиц и представлены двумя типами микровключений. К халькозину-1 отнесены выделения размером 10–30 мкм и сростки вытянутых кристаллов 5 × 50 мкм с элементами огранки. Их особенность – примесь серебра 0,5–0,7%. Халькозин-2 представлен округлыми решётчатыми зёрнами диаметром 25–30 мкм, в которых присутствуют ксеноморфные выделения состава, мас. %: Cu 36–40; Ag 31–34; Hg 8–10; Fe 0,3–0,9; S 18–19.

Сульфид из зерна золота 3444-2 Среднемиасской россыпи представлен халькопиритом, размером 2 × 3 мкм.

В Поляковской россыпи зерно золота 3439-а размером 200 × 300 мкм содержит овальное микровключение галенита, размером 40 × 75 мкм; видны ступенчатые сколы и зубчатое ограничение (индукционные поверхности совместного роста галенита с золотом). Состав, мас. %: Pb 85; S 13; Se 1,3. Аналогичное микровключение обнаружено в Сулейменовской россыпи в зерне золота 4339-а. Микровключение расположено в краевой части зерна, но вне высокопробной каймы.

Сульфидарсениды. Установлены в золоте Поляковской россыпи. Зерно 3439-в содержит многочисленные микровключения арсенопирита размером 3–10 мкм. Состав, мас. %: Fe 32–33; S 17–18; As 48–50; Sb 0,8–1,0.

Оксиды. В Нижнекарабашской россыпи в зерне 3446-в-1 выявлено микровключение гематита, представленного сростком пластинчатых индивидов общим размером 120 × 180 мкм. Состав, мас. %: Fe₂O₃ 98; VO 0,3; MgO 0,8.

ОБСУЖДЕНИЕ РЕЗУЛЬТАТОВ

Богатство россыпной зоны благородными металлами обусловлено сочетанием обширного набора россыпеобразующих рудных формаций в зоне Главного Уральского разлома: золото-родингитовой, золото-кварцевой, золото-лиственитовой,

золото-сульфидной, золото-скарновой [4, 7]. Для каждой формации характерен определённый набор рудных минералов, которые находятся в виде микровключений в россыпном золоте.

Относительно природы микровключений существует две основные точки зрения. 1) Они кластогенные [11], и в этом случае вмещающим следует признать новообразованное золото. 2) Микровключения формировались в процессе отложения руд и должны находиться в остаточном золоте [3]. Для решения этого вопроса проанализируем соотношение микровключений с вмещающим субстратом и определим относительный возраст микровключений.

Вторичное новообразованное золото в Миасской россыпной зоне образует каймы и межзерновые просечки, содержит Au 97–99%. Толщина кайм, покрывающих остаточное золото, обычно не превышает 20 мкм. По содержаниям Au (93–65 мас. %) золото, содержащее микровключения, можно определить как остаточное. На эндогенную природу микровключений указывают индукционные поверхности совместного роста микровключений с золотом, наиболее четкие у галенита, арсенопирита.

Сравнение микровключений в зёрнах золота из россыпей с минералами известных золоторудных месторождений показало, что для большинства выделений могут быть определены реальные источники.

Месторождение Золотая Гора – единственный возможный источник тетрааурикуприда, аурикуприда в Нижнекарабашской россыпи, а рудные залежи Карабашских колчеданных месторождений поставляли в эту россыпь золото с микровключениями сульфидов меди.

Хромитовые руды Карабашского, Таловского гипербазитового массива служили источниками включений платиноидов в зёрнах золота из Киалимской россыпи. Об этом свидетельствуют включения рутения иридиево-осмиевого и лаурита, выявленные в хромитах Карабашского массива. Пробность золота, вмещающего платиноиды, идентична пробности золота в россыпи в целом (920–930‰).

Золото-полиметаллическое месторождение Мелентьевское, расположенное в плотике Средне-Миасской россыпи, являлось для неё источником сульфидов. К настоящему времени выявлены только микровключения халькопирита, хотя руды имеют галенит-сфалерит-халькопиритовый состав и можно надеяться на будущие находки галенита, сфалерита в зёрнах золота.

Хромито-платиновое орудение в северной части Нуралинского гипербазитового массива –

проявление Приозёрное и месторождения хромитовых руд Мокрая Яма, Сияк-Тукан, Ольгинское, Курманкульское [7, 8] — служили источником платиноидов в Мало-Иремельской россыпи. Присутствие платиноидов (осмия иридиево-рутениевого и рутения иридиево-осмиевого) в данном массиве показано в [5].

Золото-сульфидное месторождение Орловское в головке Сулейменовской россыпи [9] могло являться источником микровключений галенита. Минерализация на этом месторождении приурочена к сульфидизированным базальтам с кварц-карбонатными прожилками. Золото связано с галенитом, пиритом, арсенопиритом, халькопиритом.

Золото-сульфидные месторождения Ильинского рудного поля — Ик-Давлят, Муртыкты поставляли в Поляковскую россыпь галенит, халькопирит, пирит. В верховьях р. Уй находится другой возможный источник сульфидов для Поляковской россыпи — месторождение Малый Каран [1, 9].

Таким образом, выполненное исследование микровключений рудных минералов в россыпном золоте показало связь россыпей Миасской зоны с конкретными рудными месторождениями: золото-родингитовым, хромитовыми, колчеданными, золото-сульфидными, золото-арсенопирит-кварцевыми. Такое заключение оказалось возможным в связи с высокой поисковой и минералогической изученностью зоны Главного Уральского разлома и выявлением рудных микровключений в россыпном золоте. Ранее выполненные аналогичные работы на востоке Сибирской платформы и Аляске приводили в большинстве случаев к определению лишь возможных типов россыпеобразующих формаций [3, 13].

Следует отметить, что северные фланги Таловского, Нуралинского массивов, к которым приурочены золотые россыпи, вследствие плохой обнажённости территории слабо опосредованы в отношении платиноидной минерализации. Выявление микровключений в зёрнах золота из этих россыпей — дополнительный аргумент на возможность обнаружения здесь коренных проявлений МПГ осмиево-рутениевого состава.

Авторы благодарят Е.В. Белогуб, З.С. Никифорову, Ю.А. Иванова, Б.Я. Гисматуллина, Т.П. Нишанбаева, Р.З. Садыкову за помощь в подготовке статьи.

Работа поддержана РФФИ (проект 15–05–0311) и Правительством РФ (постановление № 211 от 16.03.2013), Соглашение № 02–А03–21–0011.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Белогуб Е.В., Новоселов К.А., Заботина М.В. В сб.: Металлогения древних и современных океанов—2014. Двадцать лет на передовых рубежах геологии месторождений полезных ископаемых. Миасс: ИМ УрО РАН, 2014. С. 130–133.
2. Казаков П.В., Салихов Д.Н. Полезные ископаемые Республики Башкортостан (россыпное золото). Уфа: Гилем, 2006. 288 с.
3. Никифорова З.С. Типоморфизм россыпного золота как показатель генезиса россыпей и коренных источников (Восток Сибирской платформы). Новосибирск: ИГиМ СО РАН, 2014. 37 с.
4. Овчинников Л.Н. Полезные ископаемые и металлогения Урала. М.: Геоинформмарк, 1998. 412 с.
5. Платинометальное оруденение в геологических комплексах Урала / Под ред. В.А. Коротеева, К.К. Золоева. Екатеринбург: Департамент природ. ресурсов, 2001. 199 с.
6. Попова В.И. В кн.: Металлогения древних и современных океанов. Формирование и освоение месторождений в офиолитовых зонах. Миасс: ИМ УрО РАН, 2002. С. 98–106.
7. Сазонов В.Н., Огородников В.Н., Коротеев В.А., Поленов Ю.А. Месторождения золота Урала. Екатеринбург: ИГиГ УрО РАН, 2001. 622 с.
8. Савельев Д.Е., Сначев В.И., Савельева Е.Н., Бажин Е.А. Геология, петрогеохимия и хромитонность массивов Южного Урала. Уфа: ДизайнПолиграфСервис, 2008. 320 с.
9. Салихов Д.Н., Ковалев С.Г., Беликова Г.И., Бердников П.Г. Полезные ископаемые Республики Башкортостан (золото). Ч. 1. Уфа: “Экология”, 2003. 222 с.
10. Спиридонов Э.М., Плетнев П.А. Месторождение медистого золота Золотая Гора (О “золото-родингитовой” формации). М.: Науч. мир, 2002. 202 с.
11. Шпунт Б.П. // Геология и геофизика, 1974, № 9. С. 77–88.
12. Chapman R.J., Leake R.C., Moles G., Earls G., Cooper C., Harrington K., Berzins R. 2000. // Econ. Geol. 2000. V. 95. P. 1753–1773.
13. Chapman R.J., Mortensen J.K., LeBarge W.P. // Mineral. Deposita. 2011. V. 46. P. 881–903.
14. Loen J.S. // Econ. Geol. 1994. V. 89. P. 91–104.
15. Fleischer M., Pabst A., Mandarino J.A., Chao G.Y., Cabri L.J. New Mineral Names // Amer. Mineral. 1976. V. 61. № 1/2. P. 174–186.