

пенную роль с точки зрения изменения составов ассоциации МПГ [Stepanov et al., 2019], а отличия в особенностях первичных ассоциаций МПГ, скорее всего, связаны с первоначальными особенностями субстрата, из которого сформировались клинопироксенит-дунитовые массивы. Отличие ассоциаций вторичных МПГ, скорее всего, связано с наложенными процессами, такими как региональный метаморфизм и внедрение в непосредственной близости от клинопироксенит-дунитовых массивов более поздних интрузивов. Последнее требует отдельных самостоятельных исследований.

Исследование выполнено при поддержке гранта Российского научного фонда, проект № 20-77-00073.

Литература

Государственная геологическая карта Российской Федерации масштаба 1 : 200 000. Издание второе. Серия Среднеуральская. Лист О-40-VI (Кытлым). Объяснительная записка. Под ред. В.В. Шалагинова. СПб: Картографическая фабрика ВСЕГЕИ, 2010. 213 с.

Иванов О.К. Концентрически-зональные пироксенит-дунитовые массивы Урала. Екатеринбург: Уральский университет, 1997. 488 с.

Кузьмин И.А., Паламарчук Р.С., Степанов С.Ю., Калугин В.М. Платиновая минерализация в дунитах массива Желтая сопка, Северный Урал // *Металлогения древних и современных океанов-2019. Четверть века достижений в изучении субмаринных месторождений.* Миасс: ООО Форт-Диалог-Исеть, 2019. С. 225–228.

Паламарчук Р.С., Варламов Д.А., Степанов С.Ю. Минералы платиновой группы из россыпи р. Сосновка, Сосновский клинопироксенит-дунитовый массив, Северный Урал // *Металлогения древних и современных океанов-2019. Четверть века достижений в изучении субмаринных месторождений.* Миасс: ООО Форт-Диалог-Исеть, 2019. С. 217–220.

Петров Г.А., Ильясова Г.А., Тристан Н.И. и др. Объяснительная записка к государственной геологической карте Российской Федерации. Изд. 2. Лист Р-40-XXXVI (Североуральск). 2006.

Степанов С.Ю., Паламарчук Р.С., Варламов Д.А., Козлов А.В., Ханин Д.А., Антонов А.В. Минералы платиновой группы из делювиальной россыпи реки Вересовка, Вересовоборский клинопироксенит-дунитовый массив (Средний Урал) // *Записки РМО.* 2018. Т. 147. № 5. С. 40–60.

Толстых Н.Д., Телегин Ю.М., Козлов А.П. Коренная платина Светлоборского и Каменушенского массивов платиноносного пояса Урала // *Геология и геофизика.* 2011. Т. 52. С. 775–793.

Garuti G., Pushkarev E., Zaccarini F. Composition and paragenesis of Pt alloys from chromitites of the Uralian–Alaskan type Kytlym and Uktus complexes, Northern and Central Urals, Russia // *Canadian Mineralogist.* 2002. Vol. 40. P. 357–376.

Palamarchuk R.S., Stepanov S.Yu., Khanin D.A., Antonov A.V. PGE Mineralization of massive chromitites of the Iov dunite body (Northern Urals) // *Moscow University Geology Bulletin.* 2017. Vol. 72. № 6. P. 68–76.

Stepanov S.Y., Palamarchuk R.S., Antonova A.V., Kozlov A.V., Varlamov D.A., Khanin D.A., Zolotarev Jr. A.A. Morphology, composition, and ontogenesis of platinum-group minerals in chromitites of zoned clinopyroxenite-dunite massifs of the Middle Urals // *Russian Geology and Geophysics.* 2019. Vol. 61. № 1. P. 47–67.

А.Ш. Хусаинова^{1,2}, С.Б. Бортникова², Ю.А. Калинин¹, Е.Д. Греку¹

¹ – *Институт геологии и минералогии СО РАН, г. Новосибирск, khusainova@igm.nsc.ru*

² – *Институт нефтегазовой геологии и геофизики СО РАН, г. Новосибирск*

Золото и серебро в техногенно-минеральных образованиях хвостохранилища Талмовские Пески (Салаирский кряж)

Цель работы заключается в изучении типоморфных характеристик самородного золота и его распределения в разрезе техногенно-минеральных образований (ТМО) хвостохранилища Талмовские Пески, г. Салаир (Кемеровская обл.). Техногенные отложения состоят из пере-

рабочих Au-Ag-содержащих барит-полиметаллических руд месторождений Салаирского рудного поля, которые отрабатывались методами гравитации, цианирования и флотации. В начале эксплуатации месторождений (30-е гг. 20 в.) разрабатывались верхние, наиболее богатые части рудных тел из зоны окисления, а позже собственно полиметаллические руды.

Месторождения Салаирского рудного поля расположены в известняках гавриловской свиты нижнекембрийского возраста и сложены порфирами риолит-дацитового состава, туфами, туффитами, андезитовыми порфиритами, дацитовыми порфирами. Рудные тела приурочены к нижнекембрийским субвулканическим кварц-плагиоклазовым порфирам печеркинской свиты. Геологическое строение поля и минералогия рудных тел детально изучены и описаны [Лабазин, 1940; Зеркалов, 1962; Лапухов, 1975; Дистанов, 1977]. Рудные тела относятся к гидротермально-метасоматическим образованиям сливных и прожилково-вкрапленных руд. Сульфиды представлены пиритом, халькопиритом, сфалеритом, галенитом, блеклыми рудами (теннантит). К редким минералам рудных тел, обнаруженных в кварц-карбонатных штокверках, пересекающих барит-полиметаллические тела, относятся сульфосоли (пирсеит, полибазит), теллуриды Ag, Au и Pb (гессит, петцит, эмпрессит, алтаит), самородное золото и серебро [Бортникова, 1989]. Жильные минералы – кварц, барит, кальцит, серицит и хлорит.

Для месторождений Салаирского рудного поля установлено два типа золотоносности. Первый – в собственно полиметаллических рудах, где самородное золото размером 0.01–0.05 мм встречается в виде кристаллических, реже неправильных форм. Самородное золото содержит до 40.5 мас. % Ag и до 0.16 мас. % Cu, его пробность составляет 595–822 ‰. Второй тип – золотые руды в кварц-карбонатных штокверках. Здесь встречается самородное золото разных морфологических форм от тонкодисперсного до весьма крупного (0.001–5 мм). По химическому составу самородное золото средне- и высокопробное (875–949 ‰) с примесями Ag (до 12.5 мас. %), Cu (до 0.21 мас. %) и Hg (до 0.54 мас. %) [Бортникова, 1989].

В настоящее время хвостохранилище Талмовские Пески представляет собой узкую (до 30 м) ленту «песков» протяженностью около 8 км, в непосредственной близости от которых протекает р. Малая Талмовая. Мощность техногенных отложений не превышает 3 м.

Хвостохранилище было вскрыто двумя шурфами, выкопанными на всю глубину до подстилающих почв. По стенкам шурфов описана зональность и опробованы все визуально отличающиеся слои. Микроэлементный состав в твердом веществе и водных вытяжках определен методом ИСП МС на приборе Agilent 8800 (Agilent Technologies, США) (Томск). Типоморфные характеристики самородного золота изучены для зерен, извлеченных из пробы весом 15 кг, промытой с помощью лотка в лабораторных условиях. Микроскульптуры поверхностей самородного золота определены с помощью СЭМ JSM-6510LV (Jeol Ltd) с системой микроанализа AZTEC Energy XMax-80 (Oxford Instruments Nanoanalysis) и системой регистрации катодолуминесценции Chroma CL2UV (Gatan Ltd) (Tescan, Чехия) в режимах вторичных и обратно-рассеянных электронов при различных увеличениях (при ускоряющем напряжении электронного пучка 20 кВ) (аналитик М.В. Хлестов) в ЦКП многоэлементных и изотопных исследований СО РАН (г. Новосибирск).

Распределение содержаний Au и Ag по разрезам шурфов представлено на рисунке 1. Из графиков видно, что в разрезе хвостохранилища на глубине 60–80 см выделяется железистый горизонт с повышенным содержанием Au и Ag: 5.32 и 53.7 г/т, соответственно. Для данного горизонта также характерны максимальные значения концентрации Au и Ag в водных вытяжках: 0.0068 и 7.5 мкг/л, соответственно. Количество Au и Ag в растворенной форме определяется процессами растворения/переотложения золото- и серебросодержащих минералов и агрессивностью поровых растворов.

Выделенное из пробы самородное золото представлено тонкими и мелкими классами (менее 0.1 мм) красноватого (вишневого) и ярко-желтого, золотистого цвета. По морфоло-

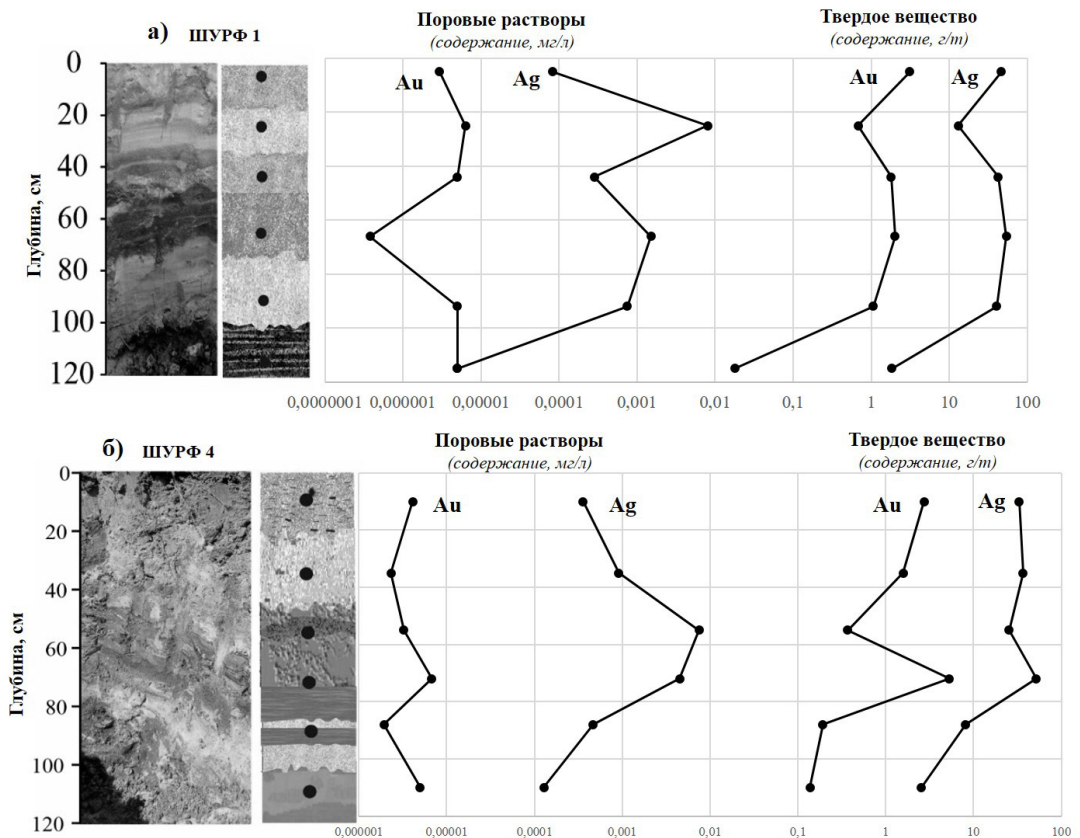


Рис. 1. Распределение Au и Ag в твердом веществе и поровых растворах шурфов 1 (а) и 4 (б).

гии выделяются уплощенные и массивные золотины изометричных и удлиненных форм, изометричные кристаллы и их сростки (рис. 2). Края частиц неровные, рваные, загнутые; для частиц кристаллического облика – вершины граней притуплены. Также в пробе обнаружены уплощенные пластинчатые частицы самородного серебра (рис. 2е), напоминающие плоские дендриты, состоящие из множества мелких микронных частиц.

Поверхность зерен самородного золота сильно преобразована. Наблюдаются как скульптуры роста, так и растворения. Первые представлены в виде нано- и микронаростов вытянутых (червеобразных), изометричных форм, часто в виде «нашлепков» на поверхности зерен золота. Скульптуры растворения встречаются в виде «желобков» и ямок на поверхности частиц. Также на зернах золота наблюдаются отпечатки вмещающих минералов и борозды скольжения.

В углублениях и неровностях поверхностей частиц золота присутствуют сростки барита и кварца. Зерна золота частично или полностью покрыты пленками многокомпонентного состава, в которых преобладает Fe (до 25.3 мас. %), Pb (до 23.3 мас. %), S (до 11.7 мас. %), Zn (до 17.6 мас. %), O (до 46.0 мас. %), меньше Al (до 12.6 мас. %) и P (до 4.9 мас. %).

Внутреннее строение зерен золота однородное, без зональности. Зерна чаще представлены агрегатами из двух и более частиц. Среди включений отмечен кварц. По химическому составу преобладает самородное золото от весьма низкопробного (электрум) до высокопробного (450–950 ‰) с преобладанием золота низкой пробности (450–700 ‰).

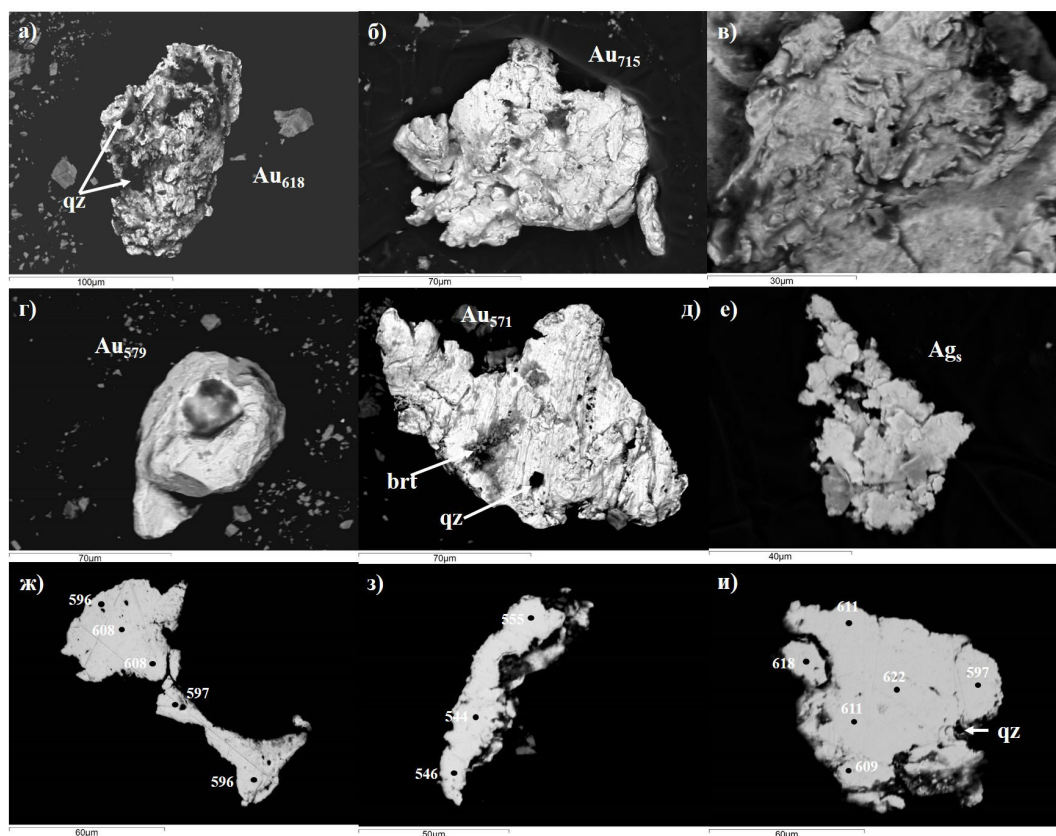


Рис. 2. Морфология и внутреннее строение золота из ТМО Талмовские Пески: а) удлиненная частица уплощенного облика со сростками кварца (qz); б) частица «агрегатного» строения; в) микронаности золота на поверхности зерна; г) изометричная частица кристаллического облика; д) уплощенная частица вытянутой формы с бороздами скольжения на поверхности и сростками барита (brt) и кварца (qz); е) уплощенная частица самородного серебра; ж–и) внутреннее строение зерен золота. BSE фото.

Таким образом, обнаруженное в ТМО хвостохранилищах Талмовские Пески самородное золото можно отнести к остаточному, а самородное серебро – к новообразованному. За более чем 80 лет существования хвостохранилища переработанные руды и самородное золото в них активно подвергались гипергенным преобразованиям, что способствовало формированию горизонта вторичного золотого обогащения в основании хвостохранилища. За этот срок самородное золото существенно укрупнилось, как за счет механического слипания частиц, так и химического осаждения новообразованного самородного золота. Присутствие скульптур растворения на его поверхности подтверждает роль поровых растворов в процессах растворения/пересадения золота. Источниками Au и Ag в ТМО являются первичные сульфиды (пирит, халькопирит, галенит) и сульфосоли.

Работа выполнена по государственному заданию ИГМ СО РАН и при финансовой поддержке РФФ (грант № 19-17-00134).

Литература

Бортникова С.Б. Геолого-геохимические особенности золотого оруденения в полиметаллических полях северо-восточного Салаира. Дис. к.г.-м.н. Новосибирск, 1989. 206 с.

Дистанов Э.Г. Колчеданно-полиметаллические месторождения Сибири. Новосибирск: Наука, 1977. 351 с.

Зеркалов В.И. Минералогия и геология колчеданных медно-свинцово-цинковых месторождений северо-восточного Салаира. Автореф. дис. к.г.-м.н. Томск, 1962. 20 с.

Лабазин Г.С. Структурно-морфологические особенности полиметаллических месторождений Салаирских рудников и геологические условия их нахождения // Цветные металлы. 1940. № 3. С. 14–20.

Латухов А.С. Зональность колчеданно-полиметаллических месторождений. Новосибирск: Наука, 1975. 264 с.

А.Н. Юричев

Томский государственный университет, г. Томск

juratur@sibmail.com

Акцессорная благороднометалльная минерализация в ультрамафитах Кызыр-Бурлюкского массива (Западный Саян)

Метаморфические ультрамафиты Куртушибинского офиолитового пояса распространены среди метаморфизованных венд-кембрийских осадочно-вулканогенных отложений в северо-восточной части Западного Саяна [Соболев, Добрецов, 1977]. Их массивы наблюдаются в виде многочисленных тектонических блоков и пластин, окруженных серпентинитовым меланжем, и имеют цепочечное расположение в ЮЗ-СВ направлении. Объектом настоящего исследования является слабоизученный Кызыр-Бурлюкский ультрамафитовый массив, расположенный в юго-западной оконечности Куртушибинского офиолитового пояса, который в отличие от других массивов пояса не содержит хромитового оруденения (рис. 1) [Кривенко и др., 2002; Юричев, Чернышов, 2019]. До настоящего времени ничего не было известно и об акцессорной благороднометалльной минерализации массива.

При изучении вещественного состава рудной акцессорной минерализации в аншлифах, изготовленных из образцов дунитов и их серпентинизированных разновидностей Кызыр-Бурлюкского массива, впервые диагностированы микроскопические включения минералов платиновой группы (МПГ). В работе приводится химическая типизация выявленных минералов и делается предположение о механизме их образования.

Кызыр-Бурлюкский массив расположен на западном склоне хребта Эргак-Таргак-Тайга, слагаемая водораздел рр. Пряха-Кызыр-Бурлюк, правых притоков р. Амыл. Он имеет удлиненную форму, ориентирован в северо-западном направлении с крутым погружением в северо-восточном направлении (рис. 1). Массив сложен дунитами свежего облика и редкими жильными телами ортопироксенитов. Дуниты прорываются многочисленными мелкими субизометричными интрузивными телами и дайками габброидов [Чернышов и др., 2020]. В экзоконтактных зонах последних постоянно обнаруживаются породы верлит-клинопироксеновой ассоциации, очевидно, являющиеся реакционно-метасоматическими образованиями, возникшими в результате воздействия высокотемпературных основных расплавов на консолидированные дуниты. В эндоконтактных частях массива и вдоль разломов отмечается интенсивная серпентинизация (антигоритизация).

Акцессорная благороднометалльная минерализация диагностирована только в дунитах и аподунитовых серпентинитах массива. МПГ отмечаются в виде единичных гипидиоморфных, неправильных микроскопических выделений (0.5–3.0 мкм), главным образом, внутри магнетита, значительно реже – в зернах аваруита. По химическому составу среди них уста-