

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

Литература

- Высоцкий Н.К.* Месторождения платины Исковского и Нижне-Тагильского районов на Урале // Труды Геологического комитета. Нов. сер. № 62. СПб., 1913. 692 с.
- Заварицкий А.Н.* Коренные месторождения платины на Урале. Л.: Изд-во Геологического комитета, 1928. 56 с.
- Зайков В.В., Попов В.А., Зайкова Е.В., Блинов И.А., Котляров В.А.* Состав и форма кристаллов платиноидов из россыпей Южного Урала // Минералогия. 2017. Т. 3. № 4. С. 51–56.
- Козлов А.В., Степанов С.Ю., Паламарчук Р.С., Минабаев А.М.* Онтогенические ориентиры для выбора модели формирования платинового оруденения в зональных клинопироксенит-дунитовых массивах Урала // Записки РМО. 2019. Т. 148. № 2. С. 115–130.
- Округин А.В.* Кристаллизационно-ликвационная модель формирования платиноидно-хромитовых руд в мафит-ультрамафитовых комплексах // Тихоокеанская геология. 2004. Т. 23. № 2. С. 63–75.
- Округин А.В.* Образование крупных самородков платины в хромитовых рудах мафит-ультрамафитовых пород // Наука и образование. 2011. № 3. С. 16–20.
- Симонов В.А., Приходько В.С., Васильев Ю.Р., Котляров А.В.* Физико-химические условия кристаллизации пород ультраосновных массивов Сибирской платформы // Тихоокеанская геология. 2017. Т. 36. № 6. С. 70–93.
- Степанов С.Ю., Паламарчук Р.С., Антонов А.В., Козлов А.В., Варламов Д.А., Ханин Д.А., Золотарев А.А.* Морфология, состав и онтогенез минералов платиновых металлов в хромититах зональных клинопироксенит-дунитовых массивов Среднего Урала // Геология и геофизика. 2020. Т. 61. № 1. С. 60–83.
- Сушкин Л.Б.* Характерные черты самородных элементов месторождения Кондер // Тихоокеанская геология. 1995. № 5. С. 97–102.
- Толстых Н.Д., Телегин Ю.М., Козлов А.П.* Коренная платина Светлоборского и Каменушенского массивов Платиноносного пояса Урала // Геология и геофизика. 2011. Т. 52. № 6. С. 775–793.
- Трушин С.И., Осецкий А.И., Черепанов А.В., Корнеев А.В.* Поиски рудной платины на Урале с использованием скважин большого диаметра // Разведка и охрана недр. 2017. № 2. С. 40–42.
- Johan Z.* Alaskan-type complexes and their platinum-group element mineralization // The geology, geochemistry and mineral beneficiation of platinum-group elements (Cabri L.J. ed.). Special volume 54. Canadian Institute of Mining, Metallurgy, and Petroleum. 2002. P. 669–719.

Р.С. Паламарчук¹, С.Ю. Степанов¹, Д.А. Варламов²

*¹ – Институт геологии и геохимии УрО РАН, г. Екатеринбург
palamarchuk22@yandex.ru*

² – Институт экспериментальной минералогии, г. Черноголовка

Ассоциации минералов платиновой группы зональных клинопироксенит-дунитовых массивов Северного Урала

Уральский Платиноносный пояс включает в себя ряд зональных клинопироксенит-дунитовых массивов, протянувшихся цепочкой вдоль Главного Уральского разлома [Иванов, 1997]. Они характеризуются присутствием платиноидной минерализации, чаще всего сопряженной с хромитовым оруденением. Масштабы развития коренного оруденения различны, однако абсолютно с каждым клинопироксенит-дунитовым массивом связаны платиновые россыпи, некоторые из которых не имеют аналогов в мире по объему извлеченных минералов платиновой группы (МПГ).

Массивы относятся к двум комплексам – качканарскому и конжаковскому [Петров и др., 2006; Государственная..., 2010]. Породы качканарского комплекса слагают все массивы Среднего Урала – Нижнетагильский, Светлоборский, Вересовоборский, Каменушенский, особенности ассоциаций МПГ которых рассмотрены в работах [Толстых и др., 2011; Степанов и др., 2018; Stepanov et al., 2019], а также дунитовый массив Желтая Сопка на Северном Урале [Кузьмин и др., 2019].

Группа массивов Конжаковского тектонического блока (Сосновское, Юдинское и Иовское дунитовые тела) на Северном Урале сложена породами одноименного дунит-клинопироксенит-габбрового комплекса. Коренная платиновая минерализация Иовского дунитового тела была описана нами ранее [Palamarchuk et al., 2017]. Для Сосновского клинопироксенит-дунитового массива охарактеризована ассоциация МПГ россыпи р. Сосновка [Паламарчук и др., 2019], для которой Сосновский массив является коренным источником, а единичные анализы МПГ из Юдинского дунитового тела приводятся в работе [Garuti et al., 2002]. Несмотря на обширное и всестороннее изучение Уральского Платиноносного пояса, в данной работе впервые приводится сравнительная характеристика ассоциаций МПГ из клинопироксенит-дунитовых массивов Северного Урала. Полученные результаты сопоставлены с особенностями ассоциаций МПГ клинопироксенит-дунитовых массивов Среднего Урала.

В массивах Северного Урала масштабы проявления хромит-платинового оруденения отличаются. Так, в Иовском дунитовом теле встречаются жилы массивных хромититов мощностью до 30 см и содержанием Pt, не превышающим 1.5 г/т (по некоторым данным до 34.5 г/т [Государственная..., 2010]), в то время как в массиве Желтая Сопка встречаются редкие обособления прожилково-вкрапленного хромитита с содержанием платиноидов до 12 г/т [Петров и др., 2006]. В Юдинском теле хромититы широко распространены. Содержание платиноидов в них достигало 58 г/т [Государственная..., 2010]. Сосновское дунитовое тело наиболее плохо обнажено, поэтому оценить истинные масштабы проявления хромит-платинового оруденения в его пределах пока не представляется возможным.

Для изучения МПГ отобраны пробы прожилково-вкрапленных и массивных хромититов из всех вышеперечисленных массивов Северного Урала. Эти пробы раздроблены и обогащены с применением гравитационных методов. Морфологические особенности, а также состав МПГ исследован с помощью методов растровой электронной микроскопии и рентгеноспектрального микроанализатора CamScan MV2300 (ИЭМ РАН, г. Черноголовка) с ЭД спектрометром INCA Energy 450.

Для ассоциаций МПГ из всех клинопироксенит-дунитовых массивов Северного Урала характерно преобладание изоферроплатины (Pt_3Fe) среди Pt-Fe интерметаллидов. В подчиненном количестве встречаются Pt-Fe интерметаллиды с составом железистой платины (Pt_2Fe). Во всех рассматриваемых ассоциациях отмечаются минералы с почти всеми возможными промежуточными составами между изоферроплатиной и железистой платиной (рис. 1а–в). В россыпи р. Сосновка впервые для Уральского Платиноносного пояса установлена самородная платина [Паламарчук и др., 2019].

Значительное количество зерен первичных Pt-Fe интерметаллидов замещены минералами вторичной ассоциации ряда тетраферроплатина – туламинит – ферроникельплатина. В ассоциациях МПГ вторичной ассоциации массива Желтая Сопка, а также Юдинского и Иовского дунитовых тел наиболее распространены туламинит и минерал с промежуточным составом между тетраферроплатиной и ферроникельплатиной (рис. 1г, е). Редко встречаются единичные анализы тетраферроплатины (для Иовского дунитового тела). Минералы из россыпи р. Сосновка отличаются от ассоциаций других массивов Северного Урала незначительными примесями Ni в ряду тетраферроплатина – туламинит.

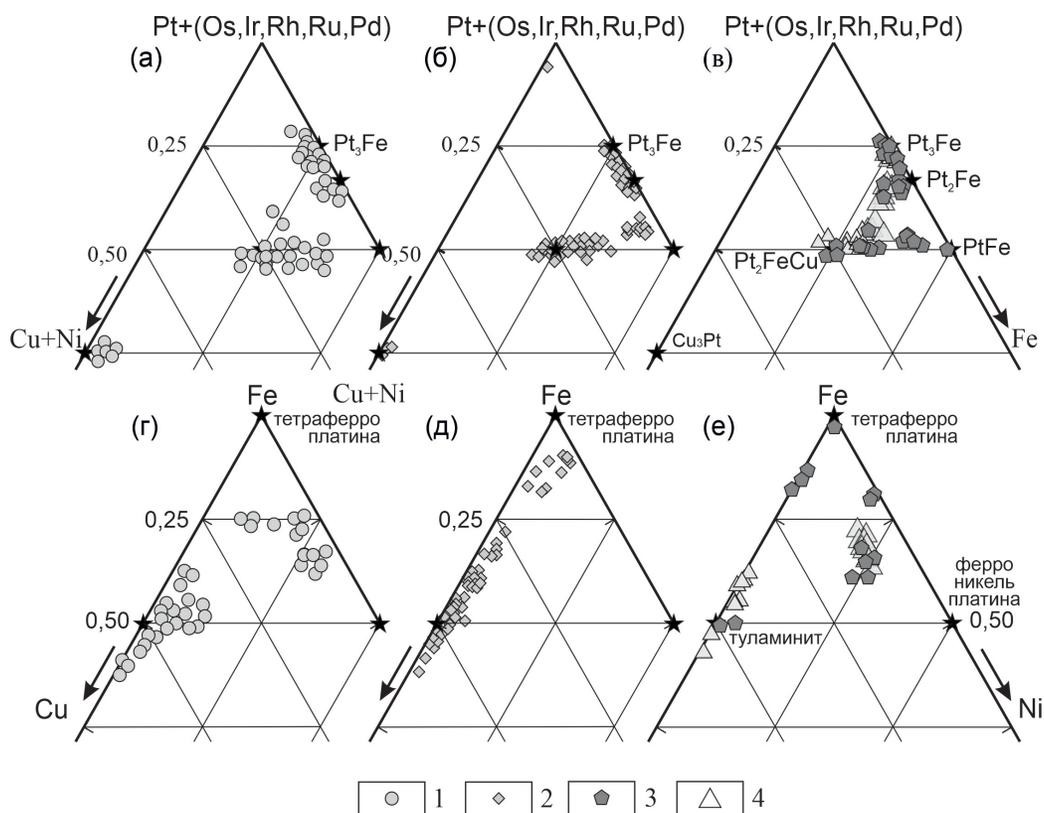


Рис. 1. Составы Pt-Fe интерметаллидов (а–в) и минералов ряда тетраферроплатина-туламинит-ферроникельплатина (г–е) из клинопироксенит-дунитовых массивов Северного Урала.

1 – хромититы массива Желтая Сопка; 2 – ассоциация россыпи р. Сосновка, Сосновский массив; 3 – хромититы Иовского дунитового тела; 4 – хромититы Юдинского дунитового тела (данные авторов и [Garuti et al., 2002]).

В качестве включений в Pt-Fe минералах часто встречаются Os-Ir-(Ru) интерметаллиды. Обычно это редкие пинакоидальные пластинки осмия и изометричные обособления иридия, однако в зернах платиноидов из россыпи р. Сосновка Os-Ir-(Ru) минералы широко распространены. Здесь обнаружены агрегаты, в которых иридий составляет до 50 % от объема зерна, а также один самостоятельный агрегат самородного иридия размером 0.8 мм с мелкой вкрапленностью железистой платины [Паламарчук и др., 2019]. Ассоциация МПГ массива Желтая Сопка отличается находками минералов состава Ir-Fe-Ni (чендеит Ir₃Fe и другие минералы), обнаруженных впервые в зональных клинопироксенит-дунитовых массивах Уральского Платиноносного пояса.

Кроме Os-Ir-(Ru) интерметаллидов в качестве включений встречаются сульфиды ЭПГ ряда лаурит-эрликманит, реже кашинит-бауит, образующие зональные зерна, часто обладающие идиоморфными очертаниями. Составы этих минералов меняются в широких диапазонах.

В каймах вторичных Pt-Fe интерметаллидов иногда встречаются минералы поздней наложенной ассоциации, такие как ирарсит, феродсит, Cu₃Pt, RhSb, а также меркуриды ЭПГ разнообразного состава и оксидные соединения ЭПГ с преобладанием иридия. Перечисленные минералы характерны для ассоциации массива Желтая Сопка, в то время как в ассоциациях других массивов они почти не встречаются (за исключением гексаферрума, обнаруженного в зернах МПГ из россыпи р. Сосновка).



Рис. 2. Составы Os-Ir-Ru сплавов из хромититов массива Желтая Сопка (1), россыпи р. Сосновка, Сосновское дунитовое тело (2), хромититов Иовского (3) и Юдинского (4) дунитовых тел.

Результаты сравнительного анализа позволяют сделать вывод, что по ассоциации первичных МПГ между собой близки хромититы массива Желтая Сопка, а также хромититы Юдинского и Иовского дунитовых тел. Значительное количество минералов с составом промежуточным между изоферроплатиной и железистой платиной делает эти ассоциации похожими на ранее описанную ассоциацию россыпи р. Вересовка Вересовоборского массива [Степанов и др., 2018]. Ассоциация МПГ Сосновского дунитового тела хоть и схожа количественным соотношением Pt-Fe интерметаллидов с ассоциациями МПГ из других массивов Северного Урала, но отличается большим количеством включений Os-Ir-(Ru) интерметаллидов и находками самостоятельных зерен иридия, что сближает ассоциацию МПГ Сосновского массива со Светлоборским массивом.

Наиболее близкими ассоциациями вторичных Pt-Fe интерметаллидов характеризуются Юдинское, Иовское дунитовые тела и массив Желтая Сопка. Относительно широкое распространение вторичных Ni-содержащих минералов сближает ассоциации МПГ этих объектов с Нижнетагильским массивом. Соединения с Hg, Sb и As, обнаруженные в ассоциации массива Желтая Сопка, не характерные для ассоциации МПГ из мафит-ультрамафитовых массивов, распространены только в рудах Вересовоборского массива [Степанов и др., 2018].

Несмотря на выделение двух различных комплексов (качканарского и конжаковского) для клинопироксенит-дунитовых массивов Уральского Платиноносного пояса, их минеральные ассоциации МПГ обладают рядом ключевых черт сходства, таких как преобладание Pt-Fe интерметаллидов, подчиненное значение Os-Ir-(Ru) интерметаллидов, встречающихся, в основном, в качестве включений, относительно редкие зерна сульфидов, арсенидов ЭПГ и других более сложных соединений. При этом почти для каждого отдельного массива отмечаются индивидуальные особенности МПГ как первичной (количественное соотношение Pt-Fe интерметаллидов, количество Os-Ir-Ru включений, присутствие самородного иридия, количество сульфидов ЭПГ и др.), так и вторичной (количественное соотношение, примеси Ni и др.) ассоциаций. Несмотря на последние отличия, разделение клинопироксенит-дунитовых массивов Платиноносного Пояса Урала на два различных разновременных комплекса с точки зрения состава ассоциаций МПГ неоправданно и является результатом различных взглядов авторов государственных геологических карт на генезис клинопироксенит-дунитовых массивов, а не отличием массивов Конжаковского тектонического блока от общей структуры Уральского Платиноносного пояса.

Отличия в первичной ассоциации МПГ могут быть объяснены разным уровнем эрозивного среза массивов. На примере Светлоборского массива и связанных с ним россыпей показано, что вертикальная зональность в коренном платиновом оруденении играет второсте-

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 край)

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-