

*А. А. Рассолов<sup>1</sup>, С. Ю. Степанов<sup>1</sup>, А. А. Золотарев<sup>2</sup>*

*<sup>1</sup> – Национальный минерально-сырьевой университет «Горный»,  
г. Санкт-Петербург  
alextri@list.ru*

*<sup>2</sup> – Санкт-Петербургский государственный университет*

**Минералогия платины аллювиальных отложений, генетически связанных с Нижнетагильским массивом ультраосновных пород**  
(научный руководитель В. Г. Лазаренков)

История добычи платины на Нижнетагильском массиве насчитывает почти два века. Первые работы были связаны с промывкой россыпей, а коренное месторождение платины было открыто лишь в конце 19 века и впервые описано А. А. Иностранцевым, а затем А. П. Карпинским. Вскоре было вскрыто гнездо хромитита в Соловьевом логу, разработки которого впоследствии выросли до масштабов шахты, получившей название Господской.

Нижнетагильский массив занимает площадь около 50 км<sup>2</sup>. С запада, севера и юга массив окружен ордовикскими и силурийскими вулканогенными породами основного состава. Контакт массива с вулканогенными толщами тектонический. Массив имеет овальную форму, вытянутую в северо-восточном направлении [Иванов, 1997], и характеризуется зональным строением, выраженным в том, что центральная часть массива сложена дунитами, а периферия – клинопироксенитами.

Нами были исследованы зерна и зернистые агрегаты минералов платины с различных участков аллювиальных отложений рек Бобровка, Сисимка, Рублевик и россыпей Крутого лога. Для аллювиальной платины характерно нахождение в виде небольших самородков. Если платина была перенесена на большие расстояния, то ее зерна сильно окатаны и приобретают изометричные очертания. Если перенос был незначительным, то платина сохраняет морфологию, свойственную для коренных образований в хромитовых жилах. В таких самородках отмечается большое количество отрицательных форм в виде отпечатков минералов (рис. 1а, см. вкладку, с. 160), слагающих породы массива (хромшпинелид, оливин). Отдельно стоит отметить ранее необнаруженные поверхности одновременного роста минералов платины и хромита (рис. 1б), представляющие собой отпечаток зерна хромшпинелида в платине со ступенчатой поверхностью, возникшей в процессе одновременной кристаллизации. Часто присутствуют остатки зерен хромита в самородках из россыпей, имеющих октаэдрическую форму. Платина россыпей Рублевика, Соловьева и Крутого логов перенесена на малое расстояние, о чем свидетельствует схожесть ее морфологических особенностей с платиной из хромититов (рис. 1в). Напротив, зерна платины из россыпей Бобровки и Сисимки претерпели значительный перенос, о чем свидетельствует изометричная окатанная форма и практически полное отсутствие на минералах поверхности включений зерен хромита и оливина, а также их отпечатков (рис. 1г).

Химический состав платины был определен микронзондовым анализом. При статистической обработке данных определены три отдельные ассоциации минералов по содержанию МПГ. В первой группе МПГ составляют 73.07–78.54 %, во второй 78.54–84.01 % и в третьей – 84.01–89.48 %. В первой ассоциации были выявлены тетраферроплатина (Pt<sub>0.98</sub>Rh<sub>0.02</sub>)(Fe<sub>0.84</sub>Cu<sub>0.12</sub>Ni<sub>0.04</sub>), туламинит Pt(Fe<sub>0.57</sub>Cu<sub>0.48</sub>Ni<sub>0.01</sub>) и ферроникель-

платина ( $Pt_{0.95}Ir_{0.05}$ )( $Fe_{0.57}Ni_{0.34}Cu_{0.09}$ ) (табл.). Во второй установлена железистая платина ( $Pt_{1.91}Ir_{0.09}$ )<sub>2</sub>( $Fe_{0.89}Cu_{0.08}Ni_{0.02}$ ). Изоферроплатина ( $Pt_{2.65}Ir_{0.31}Rh_{0.04}$ )<sub>3</sub>( $Fe_{0.95}Cu_{0.03}Ni_{0.02}$ ) относится к третьей ассоциации. Отдельно были рассмотрены минералы тугоплавких платиноидов и соединения, содержащие серу и мышьяк: холлингвортит ( $Rh_{0.84}Ir_{0.11}Pt_{0.05}Pd_{0.01}$ )<sub>1.01</sub> $As_{0.96}S_{1.04}$ , иридосмин ( $Ir_{0.59}Os_{0.24}Pt_{0.07}Ru_{0.06}Rh_{0.03}Fe_{0.02}$ ) и самородный иридий ( $Ir_{0.86}Rh_{0.04}Pt_{0.03}Fe_{0.07}$ ).

Т а б л и ц а

**Химический состав наиболее распространенных МПГ из россыпей, генетически связанных с породами Нижнетагильского массива (мас. %)**

№	Название	Pt	Fe	Cu	Ni	Os	Ir	Ru	Pd	Rh	As	S
1	Тетраферроплатина	79.82	10.44	1.49	0.65	0.00	5.67	0.41	0.17	1.34	0.00	0.00
2	Туламинит	75.44	11.99	10.22	0.53	0.00	0.00	0.86	0.00	0.92	0.00	0.00
3	Никельферроплатина	75.20	13.82	0.00	7.78	0.00	3.11	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
4	Самородный иридий	2.33	2.7	0.00	0.00	0.00	91.68	0.00	0.00	1.87	0.00	0.00
5	Иридосмин	7.48	0.57	0.00	0.00	23.53	63.59	3.21	0.00	1.61	0.00	0.00
6	Изоферроплатина	87.30	11.49	0.00	0.00	0.00	0.00	0.61	0.00	0.60	0.00	0.00
7	Холлингвортит	5.51	0.28	0.20	0.00	0.80	9.05	0.42	1.07	37.71	31.67	13.29

Пр и м е ч а н и е. Анализы выполнены на электронном микроскопе-микроанализаторе CamScan MV 2300, аналитик В. Ф. Сапега.

Для рентгеноструктурного анализа на монокристалльном дифрактометре Stoe IPDS II с геометрией Гандольфи (MoK $_{\alpha}$ -излучение) были отобраны зерна платиноидов с химическим составом, отвечающим тетраферроплатине, туламиниту, железистой платине и изоферроплатине. От исследуемых образцов получены пики, соответствующие самородной платине (плоскости с наибольшей интенсивностью отражения {111}, {220} и {200}), изоферроплатине ({110}, {111}, {220}, {200}, {222}), тетраферроплатине и туламиниту. Наибольшей относительной интенсивностью обладают пики тетраферроплатины и изоферроплатины. Стоит отметить, что в самородках, которые по данным микронзондового анализа содержат железистую платину, помимо пиков тетраферроплатины, изоферроплатины и туламинита появляются пики, отвечающие самородной платине. Из этого можно сделать вывод, что железистая платина – это самородная платина, имеющая пространственную группу Fm3m, но с меньшим содержанием платины. С учетом классификационных особенностей ММА не следует выделять железистую платину как отдельный минеральный вид, а считать это соединение разновидностью самородной платины. Стоит отметить отсутствие пиков минералов тугоплавких платиноидов во всех исследуемых самородках, а учитывая тот факт, что в каждом из них по данным микронзондового анализа присутствовали Ir, Os, Ru, составляя первые проценты, можно сделать вывод, что данные металлы платиновой группы находятся в виде изоморфных примесей в минералах платины.

Отмечена неоднородность внутреннего строения самородков, особо ярко проявленная в образцах из аллювия р. Рублевик и из отложений Крутого Лога. В центральных частях некоторых зерен, обычно представленных изоферроплатиной или тетраферроплатиной, имеются выделения сложной формы самородного иридия, а в платине обнаруживаются полосы или участки, сложенные иридосмином. Краевые части минералов или их агрегатов часто сложены туламинитом (рис. 1д) или никельферроплатиной. Также в краевых частях самородков редко можно наблюдать вкрапленность сульфоарсенидов металлов платиновой группы, к примеру, холлингвортита (рис. 1е). Самородки из Бобровки или верховой Сисимки имеют однородное строение, и для них отмечается повышенное содержание платины.

Сравнивая самородки из различных аллювиальных россыпей, можно заключить, что зерна изоферроплатины с р. Бобровки и тетраферроплатины с р. Сисимки являются примером процессов обогащения минералов Pt за счет выноса Ni, Cu и, возможно, Fe по мере передвижения в россыпи в связи со значительным удалением точек отбора проб от коренных источников. Отсутствие зон туламинита или никельферроплатины в изоферроплатине наиболее вероятно связано с истиранием первых по мере механической обработки зерен при переносе. В связи с незначительным переносом, зерна платиноидов в россыпях р. Рублевик сохраняют особенности морфологии и химического состава с небольшими изменениями, характерные для минералов платины хромититового типа платиноидных месторождений. Высока вероятность того, что детальное изучение этих самородков будет во многом способствовать в решении вопросов, связанных как с формированием минералов платины в хромититах, так и с условиями развития хромититовой минерализации в целом.

Таким образом, были получены данные об изменении морфологии самородков платины и их химического состава в зависимости от дальности переноса, а для определенных соединений удалось установить параметры кристаллической решетки. Одним из главных результатов является вывод об отсутствии в россыпях железистой платины, которая представляет собой изоферроплатину или тетраферроплатину с различным содержанием Pt. Минерал с пространственной группой Fm3m распространен незначительно и в рамках ММА не может выделяться как минеральный вид, а должен относиться к самородной платине. Впервые отмеченные поверхности одновременного роста платины и хромита являются весомым доказательством их сингенетичности, следовательно, исследуя минералы платины, есть возможность установить генетические особенности хромититовых систем минералообразования Нижнетагильского массива ультраосновных пород.

## Литература

- Бетехтин А. Г.* Платина и другие минералы платиновой группы. М.; Л.: АН СССР. 1935. 148 с.
- Генкин А. Д.* Последовательность и условия образования минералов платиновой группы в Нижнетагильском дунитовом массиве // Геология рудных месторождений. 1997. Т. 39. № 1. С. 41–48.
- Заварицкий А. Н.* Коренные месторождения платины на Урале. М., 1928. 56 с.
- Иванов О. К.* Концентрически-зональные пироксенит-дунитовые массивы Урала. Екатеринбург: Уральский университет, 1997. 488 с.
- Age T., Volchenko Y. et al.* Primary platinum mineralization in the Nizhny Tagil and Kachkanar ultramafic complexes, Ural, Russia: A genetic model for PGE concentration in chromite-rich zones // Society of Economic Geologists. 2005. Vol. 100. P. 707–732.

*Malitch K., Thalhammer O. Pt-Fe nuggets derived from clinopyroxenite-dunite massifs, Russia: a structural, compositional and osmium-isotope study // Canadian Mineralogist. 2002. Vol. 40. P. 395–418.*

**С. Г. Прудников, Ю. В. Бутанаяев**

*Тувинский институт комплексного освоения природных ресурсов СО РАН,*

*г. Кызыл*

*prudnikov\_s@inbox.ru*

### **Сравнительная характеристика россыпного и коренного золота для целей прогнозирования золотого оруденения на территории Ойна-Харальского золотоносного района (Тува)**

Рудоносно-рудовмещающая толща Ойна-Харальского золотоносного района сложена рифейскими вулканогенно-осадочными образованиями харальской свиты (RF<sub>3</sub>(?)hr). Рифейские стратифицированные образования на востоке ограничены Бий-хемским плутоном таннуольского интрузивного комплекса ( $\gamma\delta\epsilon_{2-3t}$ ) габбро-гранодиорит-плагиогранитной формации и прорваны субвулканическими дайками и малыми интрузиями диабазов и диабазовых порфиритов раннего девона. На площади таннуольский комплекс представлен Конопской интрузией диоритов. Рифейские отложения метаморфизованы, причем метаморфизм усиливается в направлении с запада на восток по мере приближения к гранитоидному массиву от эпидот-мусковит-хлоритовой субфации зеленосланцевой фации до эпидот-амфиболитовой фации [Рудные..., 1981].

Главным полезным ископаемым Ойна-Харальского района является золото, добыча которого из россыпей ведется с начала XX века. В отработанной террасовой россыпи р. Харал добыто 5 т, в долинах рек О-Хем, Ойна и Демиржи совокупная добыча россыпного золота составила более 2.5 т. Однако крупные золоторудные объекты, питающие россыпи, не выявлены. Известное золотое и золото-серебряное оруденение локализовано в кварцевых жилах, сульфидизированных метасоматических кварцитах и кварц-полевошпатовых метасоматитах в толще графитистых сланцев и относится к золото-сульфидно-кварцевому рудно-формационному ряду, представленному золото-сульфидно-углеродистой, золото-кварцевой, и золото-сульфидной формациями. Наиболее высокими содержаниями золота характеризуются метасоматические кварциты (до 10 г/т в рудопроявлении Мозгалевском), меньшими – кварцевые жилы, пиритизированные породы (зоны сульфидизации) и графитистые сланцы [Рудные..., 1981].

Золото-сульфидно-углеродистая формация прожилково-вкрапленных руд в углеродистых сланцах характеризуется сравнительно низким, но устойчивым средним содержанием золота. Проявления золота связаны с сульфидизированными и окварцованными графитистыми сланцами, основным носителем золота в которых является пирит. Содержание золота в углеродистых сланцах изменяется от 74 до 92 мг/т, серебра — от 0.11 до 1.9 г/т. Золото сланцев пылевидное, высокопробное (910 ‰) и ртутистое [Лебедев и др., 2002].

Золото-кварцевая формация разделяется на две структурно-морфологические субформации: метасоматические залежи и кварцевые жилы. Субформация метасома-