

## СРАВНИТЕЛЬНАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА СОСТАВОВ МИНЕРАЛОВ ПЛАТИНОВОЙ ГРУППЫ В ХРОМИТИТАХ И РОССЫПЯХ НИЖНЕТАГИЛЬСКОГО МАССИВА, СРЕДНИЙ УРАЛ

**С.Ю.СТЕПАНОВ**, студент, *Stepanov-1@yandex.ru*

**А.Г.ПИЛЮГИН**, аспирант, *andrew\_pilugin@mail.ru*

*Национальный минерально-сырьевой университет «Горный», Санкт-Петербург, Россия*

**А.А.ЗОЛОТАРЕВ**, канд. геол.-минерал. наук, доцент, *aazolotarev@gmail.com*

*Санкт-Петербургский государственный университет, Россия*

В работе приводятся результаты исследований химического состава минералов платины из коренных источников и россыпей Нижнетагильского массива Платиноносного пояса Урала. Установлены и описаны особенности химического состава минералов платиновой группы (МПГ) из различных россыпей и коренных образований, получены данные рентгенофазового анализа наиболее распространенных минеральных видов, изучено внутреннее строение зернистых агрегатов и монокристаллов с учетом наличия различных неоднородностей.

**Ключевые слова:** металлы платиновой группы, Платиноносный пояс Урала, Нижнетагильский массив, россыпные месторождения, концентрически зональные ультраосновные массивы.

**Введение.** Добыча платины в окрестностях Нижнетагильского завода началась в 1824 г. с разработки аллювиальных отложений р. Мартьян, затем были развернуты работы по отработке аллювиальных отложений рек Рублевик, Чауж и Сисимка. Первое коренное месторождение платины было открыто в 1892 г. на Нижнетагильском массиве и названо Серебряковской жилой.

Геология Нижнетагильского массива подробно описана в различных монографиях [3, 4, 6]. А.Г.Бетехтин для пород Нижнетагильского массива выделял два типа платиновой минерализации: клинопироксенитовый и дунитовый [1]. Позже дунитовый тип был разделен на собственно дунитовый, где минералы платины являются аксессуориями в дунитах, и хромититовый, где платина в виде зерен и агрегатов значительного размера сосредоточена в хромититовых телах.

При проведении исследований основной целью являлось выявление характера изменения особенностей минералогии платины при переходе от коренного источника к аллювиальным россыпям через пролювиально-делювиальные отложения. Для достижения поставленной цели были проведены исследования минералов платины из коренных проявлений (хром-платинового типа оруденения), делювиальных и аллювиальных россыпей с незначительным расстоянием переноса обломочного материала (ложковые россыпи) и аллювиальных россыпей. Особое внимание при исследованиях было уделено морфологии индивидов платины, особенностям внутреннего строения и характерным чертам химического состава.

**Минералогия платины. Коренные месторождения.** Минералы платины в хромититах [5, 7], традиционно считающихся источниками россыпных месторождений [1, 2, 11], обычно образуют зерна и сростания с кажущимся ксероморфизмом по отношению к хромиту. Часто они характеризуются однородным строением (рис.1, а), крайне редко в этих минералах можно различить тончайшие полосы и участки, обогащенные иридием (рис.1, б). В редких случаях обнаруживаются зерна со сложным внутренним строением, выраженным в наличии структур

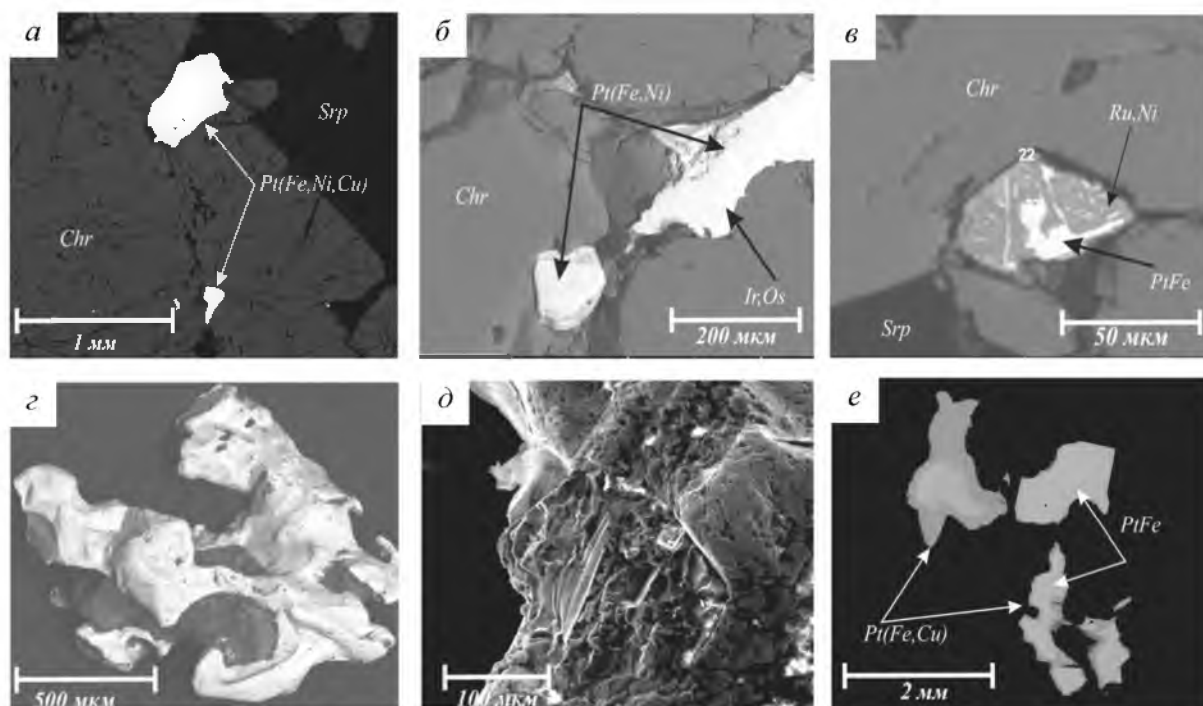


Рис. 1. Микрофотографии минералов платины в отраженных электронах: а – ферроникельплатина с примесью меди (С.Л.25) в хромитите, Сырков лог; б-в – ферроникельплатина с включениями иридосмина и Ru-Ni-сплава, Господская шахта; г-е – самородки платины из р.Рублевик

распада твердого раствора, например зерно платины, имеющее явные идиоморфные очертания из хромитов Господской шахты. Зерно сложено двумя фазами, первая из которых представлена ферроникельплатиной, а во второй преобладает Ni и Ru (рис. 1, в).

В ходе исследования при помощи электронно-зондового микроанализа были получены данные по химическому составу минералов платиновой группы (МПГ) хромититового типа из различных месторождений (см.таблицу): Старый дунитовый карьер, Новый дунитовый карьер, Господская шахта, Крутой лог 4-00, выработки в Сырковом логу. При статистиче-

Состав минералов платиновой группы, %

№ ПП	Анализ	Pt	Rh	Pd	Os	Ir	Ru	Fe	Ni	Cu	Формула
<i>Платина хромититов</i>											
1	П.Н. 374-9	75,42	0,00	0,00	0,00	2,48	0,00	12,44	7,52	2,14	$(Pt_{0,96}Ir_{0,03})(Fe_{0,56}Ni_{0,32}Cu_{0,11})$
2	С.Л.25.1	72,20	0,00	0,00	2,44	0,00	0,00	12,91	6,62	5,83	$(Pt_{0,93}Os_{0,04})(Fe_{0,54}Ni_{0,24}Cu_{0,13})$
3	П.Н. 350/1	83,08	0,00	0,00	0,00	3,34	0,00	11,49	0,97	1,12	$(Pt_{1,92}Ir_{0,08})_2(Fe_{0,86}Ni_{0,07}Cu_{0,07})$
<i>Платина аллювиальных отложений</i>											
4	BNag.6.1	83,25	0,00	0,00	0,00	4,07	0,00	11,25	0,25	1,24	$(Pt_{1,83}Ir_{0,07})_2(Fe_{0,89}Ni_{0,09}Cu_{0,02})$
5	P.3Nag 7.1	87,41	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	11,93	0,00	0,00	$(Pt_{1,84}Ir_{0,15})_2Fe$
6	P.3Nag 7.2	75,61	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	14,09	0,00	10,30	$Pt_{0,94}(Fe_{0,60}Cu_{0,44})$
7	RNag4.1-1	72,16	0,69	0,12	0,00	2,51	0,69	12,04	0,45	10,87	$(Pt_{0,91}Ir_{0,06}Rh_{0,01}Pd_{0,01})(Fe_{0,53}Ni_{0,01}Cu_{0,47})$
8	KNag7-1	75,09	0,91	0,21	0,00	0,00	0,48	14,22	0,78	8,32	$(Pt_{0,96}Rh_{0,02})(Fe_{0,63}Ni_{0,03}Cu_{0,36})$
9	SNag2-1	75,90	0,34	0,46	0,00	0,00	0,34	18,43	1,12	2,75	$(Pt_{0,698}Ir_{0,08}Pd_{0,01})(Fe_{0,84}Ni_{0,04}Cu_{0,12})$

Примечание. Для коренной платины: 1 – Господская шахта, 2 – Соловьев лог, 3 – Крутой лог 4-00. Для россышной платины в обозначении анализа: В – р.Бобровка, Р – р.Рублевик, К – ручей в Крутом логу, S – р. Сисимка. Прибор: электронный микроскоп-микроанализатор CamScan MV 2300. Аналитик В.Ф.Сапега.

ской обработке полученных данных по содержанию металлов платиновой группы выделились три отдельные ассоциации минералов. В первой МПГ составляют: 73,07-78,54 %, во второй – 78,54-84,01 % и в третьей 84,01-89,48 %. Для первой были установлены такие минеральные виды, как ферроникельплатина, тетраферроплатина и туламинит, во второй преобладает так называемая «железистая платина» [10], в третьей ассоциации доминирует изоферроплатина. В отдельную группу выделяются соединения с преобладанием тугоплавких платиноидов: самородный иридий, иридосмин и сплавы с переменным составом.

*Россыпные месторождения.* Образцы аллювиальной платины, представляющие собой мелкие самородки, были отобраны из отложений рек Рублевик, Бобровка, Сисимка и ручья, протекающего в Крутом логу. Для аллювиальных отложений рек Рублевик и Сисимка и ручья в Крутом логу перенос материала водным потоком был незначительным. Здесь в самородках минералы платины во многих деталях сохраняют особенности морфологии, характерные для платины в коренных образованиях (рис. 1, з). Для таких самородков отмечается наличие большого количества отпечатков минералов, слагающих породы массива (хромшпинелид, оливин), и сростаний с ними (рис. 1, д). Впервые при исследовании были отмечены поверхности одновременного роста минералов платины и хромита [8]. Минералы платины из россыпей р. Бобровки окатаны в большей степени, для них уже не отмечаются сростания с хромитом, и макроскопически устанавливается более светлая окраска. Сама р. Бобровка, в отличие от Рублевика, почти не протекает по массиву ультраосновных пород, а шлиховое опробование производилось приблизительно в 10 км от возможных коренных источников минералов платины.

По аналогии с платиной из хромититов для аллювиальной платины был проведен электронно-зондовый микроанализ (см. таблицу). Здесь также были обнаружены: ферроникельплатина, тетраферроплатина, туламинит, «железистая платина» и изоферроплатина. Однако стоит отметить, что в самородках, в отличие от зерен в коренных породах, нередко отмечается зональное строение или большее количество неоднородностей (рис. 1, е) в виде включений самородного иридия, осмирида. Также здесь зафиксированы сульфоарсениды металлов платиновой группы – холлингвортит и ирарсит.

Для точной диагностики минералов платины был произведен рентгеноструктурный анализ на монокристалльном дифрактометре Stoe IPDS II с геометрией Гондольфи ( $\text{MoK}\alpha$ -излучение). Для этого 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, получаемые при отражении от плоских сеток тетраферроплатины и изоферроплатины. Но стоит отметить, что в самородках, которые по данным микронзондового анализа представлены «железистой платиной», помимо пиков тетраферроплатины, изоферроплатины и туламинита появляются пики, отвечающие самородной платине.

Проблему наличия среди Pt-Fe-сплавов не признанной ММА так называемой «железистой платины» – фаз, состав которых отвечает формуле  $\text{Pt}_2\text{Fe}$ , следует отметить особо. Большинство исследователей рассматривают железистую платину в рамках изоферроплатины. Проведенные ранее рентгеноструктурные анализы таких фаз из россыпей Нижнетагильского и Гулинского массивов показывают, что железистая платина – результат тесных (< 1 мкм) сростаний, по-видимому, нанофаз изоферроплатины и тетраферроплатины [10].

Полученные нами рентгеноструктурные данные указывают также на наличие самородной платины в таких сростаниях. «Железистая платина», видимо, может являться либо сростанием изоферроплатины с тетраферроплатиной и самородной платиной с переменным количеством железа в последней, что подтверждает выводы К.Н. Малича с соавторами, либо самородной платиной, имеющей пространственную группу  $Fm\bar{3}m$ , но с пониженным содержанием платины. В любом случае, с учетом классификационных особенностей ММА не следует выделять железистую платину как отдельный минеральный вид.

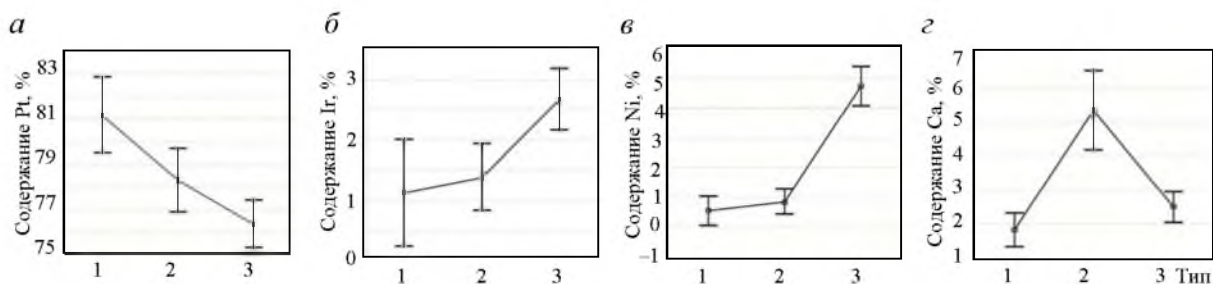


Рис.2. Графики сравнения средних с доверительными интервалами  
 Типы: 1 – р.Бобровка; 2 – речки Рублевик, Сисимка и ручей в Крутом логу; 3 – коренная платина

**Особенности химического состава минералов платины.** В ходе микрозондовых исследований образцов платины была получена выборка, включающая в себя 126 анализов, которая затем была исследована с использованием статистических методов. Первым этапом обработки данных было построение графиков сравнения средних содержаний с доверительными интервалами. Вся выборка была разделена на типы: 1 – образцы аллювиальной платины, для которых предполагается значительное удаление от коренных источников (р.Бобровка), 2 – образцы аллювиальной платины, незначительно удаленные от коренных источников (речки Рублевик, Сисимка и ручей в Крутом логу), 3 – коренная платина.

При изучении распределения элементов платиновой группы (ЭПГ) в минералах платины значительное отличие между разными типами установлено по содержанию Pt (рис.2, а). Наибольшее содержание Pt установлено в самородках из аллювия р.Бобровки, наименьшее характерно для МПГ в коренных образованиях, самородки платины, отнесенные ко второму типу, занимают промежуточное положение. Иная картина характерна для распределения иридия (рис.2, б). Иридием обогащена платина коренных пород, значительно меньшее количество этого металла отмечено в образцах платины 2-го типа, самое низкое отмечается в образцах платины 1-го типа. Однако для двух последних типов, хотя и наблюдается отличие по значениям средних, отмечено перекрывание доверительных интервалов.

При рассмотрении распределения железа наибольшее содержание было зафиксировано в самородках из отложений р.Бобровки (рис.2, в). Содержание Fe в минералах платины 3-го и 2-го типов приблизительно одинаковое и на 2-3 % меньше, чем в самородках 1-го типа. В отличие от распределения Fe, содержания Ni наиболее высоки в МПГ коренных пород, а в аллювиальной платине не превосходят 1,5 % и являются приблизительно одинаковыми. По содержанию Cu в МПГ на первом месте находятся самородки из аллювиальных отложений с незначительным расстоянием переноса обломочного материала (рис.2, г), затем следуют образцы платины из коренных пород и наименьшее содержание зафиксировано в самородках р.Бобровка.

**Статистическая обработка данных химического состава минералов платины.** При факторном анализе методом главных компонент было установлено, что наиболее значимы четыре фактора, из которых действительное влияние на распределение химических элементов в минералах платины оказывают только лишь два первых фактора. Факторная нагрузка первого фактора составляет 23,60 %. Он оказывает значимое положительное влияние на распределение Pt и отрицательное на распределение Ni. Факторная нагрузка второго фактора – 17,40 %, и он оказывает значимое положительное влияние на распределение Cu и отрицательное на распределение Ir. На графике расположения фигуративных точек в координатах первых двух факторов (рис.3, а) наблюдается явное разделение выборки на два облака. Такая дифференциация вызвана влиянием первого фактора, по содержанию платины он разделяет всю выборку на две группы минералов, преобладающих на Нижнетагильском массиве: условную изоферроплатину (I облако); ферроникельплатину, туламинит и тетраферроплатину (II облако). Стоит отметить, что в двух облаках находятся фигуративные

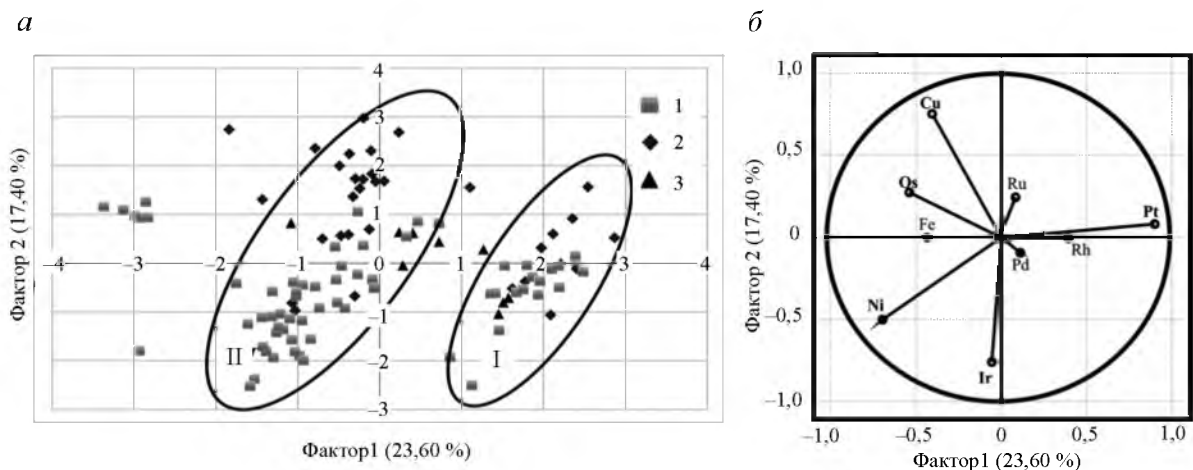


Рис.3. Результаты факторного анализа: *а* – график расположения точек анализов в координатах двух первых факторов; *б* – диаграмма влияния факторов на распределение элементов

1 – коренная платина; 2 – россыпная платина (речки Рублевик, Сисимка и ручей в Крутом логу); 3 – россыпная платина (р.Бобровка);  
 I облако – минералы с наибольшим содержанием  $Pt > 80\%$  (изоферроплатина);  
 II – минералы с содержанием  $Pt < 80\%$  (никельферроплатина, тетраферроплатина, туламинит)

точки анализов как коренной, так и россыпной платины. Второе облако в координатах первого фактора смещено в сторону отрицательных значений. Учитывая, что этот фактор оказывает отрицательную нагрузку на содержание Ni, точки в нижней части второго облака соответствуют ферроникельплатине и в абсолютном большинстве случаев являются анализами платины коренных образований.

Второй фактор оказывает наибольшее воздействие на распределение фигуративных точек внутри двух облаков. Большинство точек анализов коренной платины сосредоточено в нижних частях облаков в зоне отрицательных значений второго фактора. С учетом отрицательной нагрузки фактора на содержание Ir в минералах для коренной платины отмечается значительное обогащение этим элементом относительно россыпной платины. В верхней части облаков, расположенной в зоне положительных значений второго фактора, преобладают фигуративные точки – анализы россыпной платины из аллювиальных отложений с небольшим расстоянием переноса обломочного материала. Для второго фактора характерно положительное влияние на содержание в минералах Cu, следовательно, для МПГ из отложений р.Рублевик, Сисимки и ручья в Крутом логу наблюдается повышенное относительно коренной платины и самородков р.Бобровки содержание Cu и преобладание туламинита. Положение фигуративных точек, соответствующих анализам самородков с р.Бобровки в центральной части облаков, указывает на почти полное отсутствие влияния факторов. Возможно, это является следствием наличия коренного источника россыпной платины, отличного от хромитовых жил.

**Выводы.** Для хромититов Нижнетагильского массива ультраосновных пород и генетически связанных с породами массива россыпей характерно наличие трех минеральных ассоциаций, выделенных на основе микрозондового анализа минералов платины. В наиболее богатой по содержанию платины из минералов преобладают изоферроплатина, к наиболее бедной относятся тетраферроплатина, ферроникельплатина и туламинит, промежуточное положение занимают ассоциации, где ведущим минералом является так называемая «железистая платина». Микрозондовая аналитика подтверждается рентгеноструктурным анализом.

1. В жильных хромититах минералы платины находятся в виде индивидов, рост которых происходил совместно с образованием хромшпинелидов. Платина из делювиальных и аллювиальных россыпей с малым расстоянием переноса сохраняет особенности морфологии, характерные для минералов из коренных образований. Платина из аллювиальных от-

ложений со значительным расстоянием переноса обломочного материала лишена первичных морфологических признаков и представляет собой окатанные зерна.

2. Отличительной особенностью минералов платины из россыпей с малым расстоянием переноса материала является наличие большого числа неоднородностей, представленных включениями минералов (осмистого иридия, сульфоарсенидов МПГ и др.) и в том числе кайм замещения тетраферроплатины ферроникельплатиной и туламинитом. Для платины из аллювиальных отложений р. Бобровки характерно однородное внутреннее строение.

3. По содержанию Pt наиболее богатыми с пониженным содержанием примесей являются минералы платины из аллювиальных отложений р. Бобровки, наименьшие содержания Pt отмечаются в МПГ коренных пород, самородки платины из россыпей с малым расстоянием переноса вещества занимают промежуточное положение. Для платины в хромититах характерно повышенное содержание Ir и Ni. МПГ в ложковых россыпях обладают повышенным содержанием Cu.

4. На основе проведенных исследований представляется возможным предложить следующую последовательность преобразования платины по мере перехода в россыпь и дальнейшего ее преобразования в аллювиальных отложениях. Платина в коренных породах представлена минералами ряда тетраферроплатина – железистая платина с повышенным содержанием Ni и Ir. При выветривании платиносодержащих пород в самородках происходит перераспределение Ir и Ni с частичным их выносом и обогащением минералов платины Cu вплоть до образования туламинита, возможно, при процессах серпентинизации [1]. Дальнейшее преобразование минералов платины происходит при транспортировке в россыпи, притом происходит механическое или физико-химическое уничтожение минералов платины с низкой устойчивостью (туламинита) и природное обогащение МПГ. Возможно, наиболее богатые платиной и обедненные примесями самородки из аллювиальных, значительно перенесенных отложений р. Бобровки являются конечным продуктом обогащения первичной низкопробной платины. Однако многочисленные особенности морфологии, внутреннего строения и химического состава шлиховой платины из аллювия р. Бобровки могут указывать на иные коренные источники. Например, отложения, накопленные в реке, могут быть связаны с породами краевой части массива, сложенной мелкозернистыми дунитами и клинопироксенитами. Для таких пород отмечается преобладание относительно чистых Fe-Pt-сплавов [9].

## ЛИТЕРАТУРА

1. Бетехтин А.Г. Платина и другие минералы платиновой группы. М.–Л.: Изд-во АН СССР. 1935. 148 с.
2. Генкин А.Д. Последовательность и условия образования минералов платиновой группы в Нижнетагильском дунитовом массиве // Геология рудных месторождений. 1997. Т.39. № 1. С.41-48.
3. Заварицкий А.Н. Коренные месторождения платины на Урале. Л.: Изд-во Геологического комитета. 1928. 56 с.
4. Иванов О.К. Концентрически-зональные пироксенит-дунитовые массивы Урала. Екатеринбург: Изд-во Уральского ун-та, 1997. 488 с.
5. Лазаренков В.Г. Подформная хромитовая минерализация Нижнетагильского платинометаллического массива / В.Г.Лазаренков, А.В.Неупокоев, М.Н.Петровский // Записки Всероссийского минералогического общества. 1995. № 6. С.14-22.
6. Лазаренков В.Г. Платинометаллическая минерализация ультраосновных и коматитовых массивов / В.Г.Лазаренков, К.Н.Малич, Л.О.Сахьянов. Л.: Недра, 1992. 217 с.
7. Пилюгин А.Г. Химические разновидности минералов платиновой группы в хромититах Нижнетагильского и Светлоборского массивов, Платиноносный пояс Урала // Записки Российского минералогического общества. 2013. Ч.142. Вып.5. С.43-53.
8. Рассолов А.А. Минералогия платины аллювиальных отложений, генетически связанных с Нижнетагильским массивом ультраосновных пород / А.А.Рассолов, С.Ю.Степанов, А.А.Золотарев // Металлогения древних и современных океанов – 2013. Рудоносность осадочных и вулканогенных комплексов. Миасс: Изд-во Геотур, 2013. С.181-184.
9. Сидоров Е.Г. Гальмознанский базит-гипербазитовый массив и его платиноносность / Е.Г.Сидоров, А.П.Козлов, Н.Д.Толстых. М.: Научный мир, 2012. 288 с.
10. Malitch K. Pt-Fe nuggets derived from clinopyroxenite-dunite massif, Russia: a structural, compositional and osmium-isotope date / K.Malitch, O.Thalhammer // Canadian mineralogist. 2002. Vol.40. P.395-418.
11. Primary platinum mineralization in the Nizhny Tagil and Kachkanar ultramafic complexes, Urals, Russia: A genetic model for PGE concentration in chromite-rich zones / T.Auge, A.Genna, O.Legendre, K.S.Ivanov, Yu.A.Volchenko // Economic Geology. 2005. Vol.100. P.707-732.

## REFERENCES

1. Betehtin A.G. Platina i drugie mineraly platinovoj grupy (*Platinum and other platinum group minerals*). Moscow – Leningrad: Izd-vo AN SSSR, 1935, p.148.
2. Genkin A.D. Posledovatel'nost' i uslovia obrazovaniya mineralov platinovoj grupy v Nizhnetagil'skom dunitovom massive (*Sequence and origin of platinum group minerals in Nizhni Tagil dunitite massif*). Geologiya rudnykh mestorozhdenij. 1997. Vol.39. N 1, p.41-48.
3. Zavarickij A.N. Korennye mestorozhdeniya platiny na Urale (Primary deposits of platinum in Urals). Leningrad: Izd-vo geologicheskogo komiteta, 1928, p.56.
4. Ivanov O.K. Koncentricheski-zonal'nye piroksenit-dunitovye massivy Urala (*Concentrically zoned pyroxenite-dunitite massifs in Urals*). Ekaterinburg: Izd-vo Ural'skogo un-ta, 1997, p.488.
5. Lazarenkov V.G., Neupokoev A.V., Petrovskij M.N. Podiformnaya hromitovaya mineralizacija Nizhnetagil'skogo platinometal'nogo massiva (*Podiform chromite mineralization of Nizhni Tagil massif*). Zapiski Vserossijskogo mineralogicheskogo obshhestva. 1995. N 6, p.14-22.
6. Lazarenkov V.G., Malich K.N., Sah'janov L.O. Platinometal'naja mineralizacija ul'traosnovnykh i komatiitovykh massivov (*PGE mineralization of ultramafic and komatiitic massifs*). Leningrad: Nedra, 1992, p.217.
7. Piljugin A.G. Himicheskie raznovidnosti mineralov platinovoj grupy v hromititakh Nizhnetagil'skogo i Svetloborskogo massivov, Platinonosnyj pojas Urala (Chemical species of platinum group minerals in chromitites of Nizhni Tagil and Svetly Bor massifs, The Urals Platinum-bearing belt). Zapiski Rossijskogo mineralogicheskogo obshhestva. 2013. Part.142. Iss.5, p.43-53.
8. Rassolov A.A., Stepanov S.Ju., Zolotarev A.A. Mineralogija platiny alljuvial'nykh otlozhenij, geneticheski svjazannykh s Nizhnetagil'skim massivom ul'traosnovnykh porod (*Mineralogy of platinum alluvial deposits are genetically related to Nizhni Tagil massif of ultramafic rocks*). Metallogenija drevnykh i sovremennykh okeanov – 2013. Rudonosnost' osadochnykh i vulkanogennykh kompleksov. Miass: Izd-vo Geotur, 2013, p.181-184.
9. Sidorov E.G., Kozlov A.P., Tolstykh N.D. Gal'mojenanskij bazit-giperbazitovyj massiv i ego platinonosnost' (*Galmoenan mafic-ultramafic massif and its platiniferous*). Moscow: Nauchnyj mir, 2012, p.288.
10. Malitch K., Malitch K., Thalgammer O. Pt-Fe nuggets derived from clinopyroxenite-dunitite massif, Russia: a structural, compositional and osmium-isotope date. Canadian mineralogist. 2002. Vol.40, p.395-418.
11. Auge T., Genna A., Legendre O., Ivanov K.S., Volchenko Yu.A. Primary platinum mineralization in the Nizhni Tagil and Kachkanar ultramafic complexes, Urals, Russia: A genetic model for PGE concentration in chromite-rich zones. Economic Geology. 2005. Vol.100, p.707-732.

---

## COMPARISON OF THE COMPOSITION OF PLATINUM GROUP MINERALS IN CHROMITITES AND PLACERS OF NIZHNI TAGIL MASSIF, CENTRAL URALS

**S.Yu.STEPANOV**, student, *Stepanov-1@yandex.ru*

**A.G.PILUGIN**, post-graduate student, *andrew\_pilugin@mail.ru*

*National Mineral Resources University (Mining University), St Petersburg, Russia*

**A.A.ZLOTAREV**, PhD in Geological and Mineral Sciences, Associate Professor  
*Saint Petersburg State University, Russia*

The results of the chemical composition of platinum minerals from ore body and placers of Nizhni Tagil massif of Ural Platinum Belt are summarized in the given article. Peculiar properties of the chemical composition of the platinum group minerals from ore body and placers are established and described. X-ray analysis data of the most common mineral species was obtained and the internal structure of granular aggregates and mono crystals was studied with due regard to the various irregularities.

**Key words:** platinum-group metals, Ural Platinum Belt, the Nizhni Tagil massif, placer deposits, concentrically zoned ultramafic massifs.