



УДК 553.491.8(57.34)

DOI <https://doi.org/10.26516/2073-3402.2018.23.122>

## **Платиноиды Кондёрского россыпного месторождения: морфологические типы, их распространённость и элементный состав**

Т. А. Чикишева

*ООО ПК «Спирит», Иркутск*

*Иркутский государственный университет, Иркутск*

А. Т. Корольков, С. А. Прокопьев, Е. С. Прокопьев

*Иркутский государственный университет, Иркутск*

М. Е. Шульгина

*Иркутский государственный университет, Иркутск*

*ООО ПК «Спирит», Иркутск*

**Аннотация.** Россыпное золото-платиновое месторождение Кондёр широко известно и давно обрабатывается. Многочисленные публикации посвящены геологическим, геоморфологическим характеристикам месторождения и минералогическим особенностям минералов платиновой группы. Очевидна связь россыпного месторождения с коренными источниками Кондёрского ультраосновного массива. Предшественниками изучены морфологические типы минералов и состав платины в коренном залегании, но крупных промышленных рудных тел не обнаружено.

Авторы детально изучили минералы платиновой группы из проб эфельных отвалов россыпного месторождения Кондёр, чтобы выявить их связь с коренными источниками и степень сохранности различных типов платиноидов в россыпи. Комплекс методов включал минералогические исследования россыпных минералов оптическими методами. Монофракции минералов платиновой группы изучены методом рентгено-спектрального микроанализа (РСМА Институт геохимии СО РАН) на микроанализаторах Superprobe-733 и JXA-8200 (JEOL Ltd, Tokyo, Japan).

Установлено, что изученные нами зерна платиноидов вне зависимости от морфологического типа относятся к изоферроплатине ( $Pt > 81\%$ ). Примесь железа (до 10 %) обуславливает наличие у зерен платины свойств магнитности. Примесь иридия составляет от 1 до 4–5 %. Наличие примесей иридия увеличивает твердость изоферроплатины с 4 до 6–7 по шкале Мооса. В виде включений в зернах платины отмечаются интерметаллические сплавы переменного состава. Чаще всего встречаются кристаллы иридистого осмия, в подчиненном количестве – выделения осмистого иридия.

Таким образом, зерна минералов платиновой группы из техногенных отвалов и россыпи месторождения Кондёр в целом соответствуют четырем морфологическим типам изоферроплатины, ранее изученным в коренном залегании.

**Ключевые слова:** минералы платиновой группы, Кондёрское россыпное месторождение, морфология изоферроплатины, элементный состав минералов платиновой группы.

**Для цитирования:** Чикишева Т. А., Корольков А. Т., Прокопьев С. А., Прокопьев Е. С., Шульгина М. Е. Платиноиды Кондёрского россыпного месторождения: морфологические типы, их распространённость и элементный состав // Известия Иркутского государственного университета. Серия Науки о Земле. 2018. Т. 23. С. 122–133. <https://doi.org/10.26516/2073-3402.2018.23.122>

## Введение

Уникальное россыпное месторождение платиноидов Кондёр эксплуатируется с 80-х гг. прошлого века силами артели старателей «Амур». За это время были отработаны россыпи рек Кондёр и Уоргалан. Источником платиноидов в россыпи являются коренные проявления платины ультраосновного массива Кондёр, имеющего в плане почти идеальное кольцевое строение диаметром 7,5 км, расположенного среди архейских метаморфических комплексов и перекрывающих их терригенных отложений верхнепротерозойского возраста. Множество публикаций посвящено закономерностям формирования Кондёрской россыпи и одноименного ультраосновного массива. Исследователями детально охарактеризованы морфологические особенности минералов платиновой группы (МПГ) коренных непромышленных проявлений ультраосновного массива Кондёр. Было установлено [Мехоношин, Колотилина, 2012], что главное значение в коренных источниках Кондёрского массива имеет изоферроплатина, образовавшаяся при распаде твердого раствора состава  $(Pt, Ir, Os)_3(Fe, Cu)$ , различной морфологии: гомогенная идиоморфная, каплевидная, неправильная и «пористая». Изоферроплатина  $(Pt_3Fe)$  одноименного россыпного месторождения оказалась весьма неоднородной как по насыщенности железом, так и по содержанию примесных элементов платиновой группы ЭПГ [Чикишева, Корольков, 2013].

Истощение запасов металла в россыпном залегании, эксплуатация россыпи в условиях существования мерзлоты и случившихся нарушений технологии обработки заставила обратить внимание на техногенные отвалы как на дополнительный источник для добычи платиноидов. Для оценки обогатимости песков техногенных было необходимо провести детальное изучение их вещественного состава и технологических свойств с обязательным исследованием гранулометрических и морфологических характеристик МПГ. Такие исследования проводились с участием авторов с 2009 г. За период с 2009 по 2017 г. в лаборатории обогащения ООО ПК «Спирит» было изучено 10 технологических проб. Анализ вещественного состава этих проб включал комплекс методов минералогических исследований. Морфология МПГ в выделенных монофракциях изучалась оптически с применением бинокулярного стереомикроскопа. Элементный состав зерен платины изучен методом рентгено-спектрального микроанализа (РСМА, Институт геохимии СО РАН) на микроанализаторах Superprobe-733 и JXA-8200 (JEOL Ltd, Tokyo, Japan).

## Кондёрский массив

Кондёрский массив расположен в юго-восточной части Сибирской платформы (восточная часть Алданского щита), в бассейне р. Май, в междуречье ее левых притоков Омни и Маймакана. Породы массива прорывают архейские метаморфические комплексы и перекрывающие их терригенные отложения верхнепротерозойского возраста. Массив в плане имеет правильную округлую форму диаметром около 7,5 км, которая нарушается двумя апофизами диоритов на юге и на северо-востоке. Строение массива концен-

трически-зональное, характеризующееся наличием центрального ядра и окружающей его оторочки, состоящей из концентрически замкнутых колец, сформированных породами разного состава (рис. 1). Центральная часть сложена дунитами, доминирующими над остальными породами, которые составляют вместе с другими ультраосновными породами до 90 % площади массива на современном эрозионном срезе [Каретников, 2006].

В 1956–1958 гг. на Алданском щите были открыты платиноносные россыпи, связанные с концентрически-зональными интрузивами щелочно-ультраосновных пород. С 1984 г. ведутся добычные работы на площади Кондёрского массива [Геология, петрология ... , 1994].

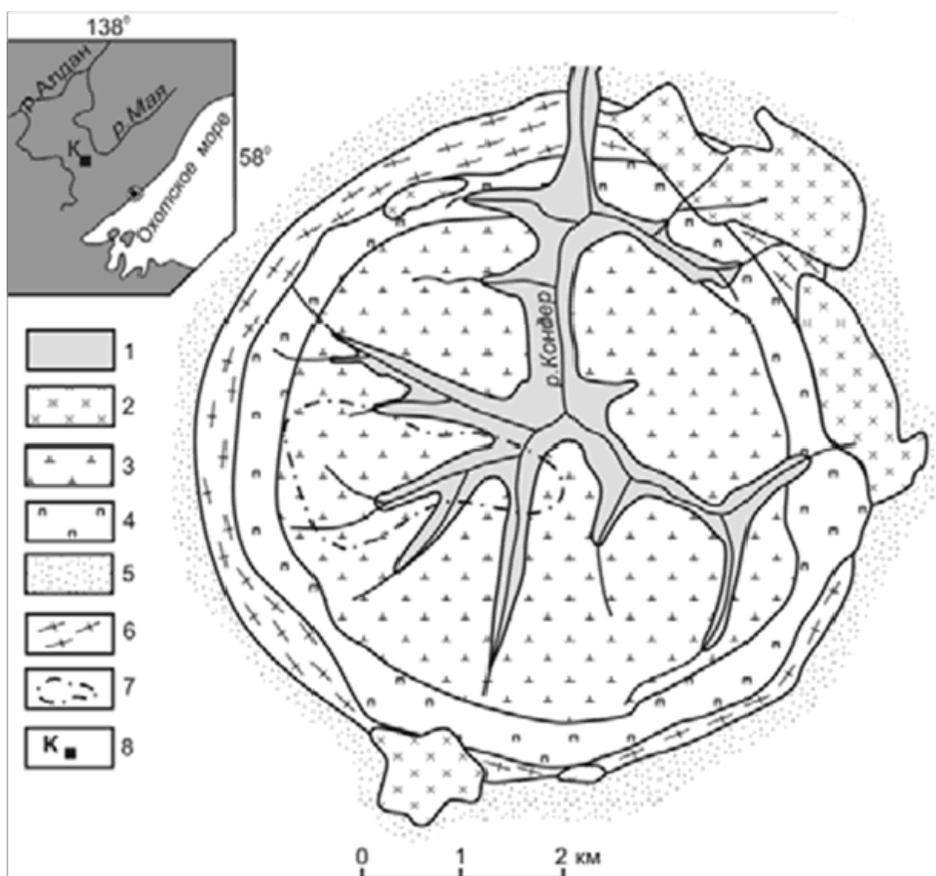


Рис. 1. Схематическая геологическая карта Кондёрского массива (Андреев, 1987; Емельяненко и др., 1989; Некрасов и др., 1994; Сушкин, 1995) с упрощением авторов

1 – аллювиальные платиноносные отложения; 2 – гранодиориты, монзониты и диориты; 3 – дуниты; 4 – оливиновые и магнетитсодержащие пироксениты и меланогаббро; 5 – массивные роговики по платформенным карбонато-терригенным отложениям рифея; 6 – гнейсированные роговики по карбонатно-терригенным отложениям рифея; 7 – контур поля развития даек флогопит-магнетитовых клинопироксенитов в дунитах; 8 – местоположение Кондёрского массива [Сушкин, 2007]

К настоящему времени установлено, что максимальные концентрации платиноидов отмечаются в ультраосновных породах, именно с ними связано большинство месторождений, включая россыпные. Это определяется тем, что все металлы платиновой группы, имея большой индекс самородности и высокие температуры плавления, накапливаются в реститовом остатке мантии при ее частичном плавлении. В случае более полного плавления мантии, например, в процессах формирования коматиитовых или пикритовых расплавов и дифференцированных габбро-перидотитовых массивов распределение платиноидов показывает близкий к хондритовому характер, и все члены ассоциации имеют сквозную специфику на платину при высоком отношении Pt/Pd [Мехоношин, Колотилина, 2012].

### **Кондёрская золото-платиновая россыпь**

Связанное с ультрабазитовым массивом одноименное платинороссыпное месторождение Кондёр является крупнейшим объектом подобного рода не только в нашей стране, но и в мире. Оно приурочено к радиальной речной сети, размывающей Кондёрский массив и представленной, помимо самой р. Кондёр, ее основными притоками-ручьями Двуглавый, Трехглавый, Прямой, Аномальный, Трезубец, Южный, Бегун и рядом более мелких ключей, интенсивно врезанных в массив (см. рис. 1). Аллювий ручьев повсеместно платиноносен, но основная часть россыпного металла сосредоточена в песчанистом валунно-галечном слое вблизи плотика россыпи [Сушкин, 2007]. В рыхлых отложениях и в коренном залегании установлено более 50 минералов платиновой группы. При этом главный минерал элементов платиновой группы (ЭПГ) – изоферроплатина ( $Pt_3Fe$ ) – оказался весьма неоднородным как по насыщенности железом, так и по содержанию примесных ЭПГ [Там же].

### **Морфологические типы платины в коренном источнике**

В коренных источниках ультраосновного массива Кондёр выделяются четыре морфологических типа изоферроплатины: гомогенная идиоморфная, гомогенная каплевидная, гомогенная ксеноморфная и «пористая» ксеноморфная [Мехоношин, Колотилина, 2012].

Первый тип изоферроплатины – наиболее ранние хорошо ограненные кристаллы, которые располагаются внутри зерен хромшпинелидов. Для них характерно устойчивое присутствие примесей меди (до 3 мас. %) и иридия (до 2 мас. %). В зернах также иногда наблюдаются в виде структур распада ламели самородного осмия.

Второй тип изоферроплатины – каплевидные гомогенные зерна на стыке зерен хромшпинелидов. В их составе также присутствуют медь и иридий, но в меньшем количестве, и, кроме того, они содержат примеси свинца и палладия и спорадически – родия и рутения.

Третий тип – ксеноморфные образования в межзерновом пространстве хромшпинелида. В этих образованиях отмечаются еще более низкие концентрации меди и иридия и постоянная примесь свинца.

Четвертый тип – наиболее поздние выделения «пористой» изоферроплатины в виде прожилков и ксеноморфных кристаллов, «поры» которой насыщены пылевидными силикатами магнезия и никеля. «Пористая» изоферроплатина участками замещается маланитом ( $\text{Cu}(\text{Pt},\text{Ir})_2\text{S}_4$ ) и туламинитом ( $\text{Pt}_2\text{FeCu}$ ) и содержит достаточно крупные включения эрлихманита ( $\text{OsS}_2$ ) и кашинита  $(\text{Ir},\text{Ru},\text{Cu})_2\text{S}_3$ .

### Морфологический и элементный состав платины из технологических проб

Для изучения морфологии МПГ и их технологических свойств, а также для определения их элементного состава и элементов-примесей в МПГ были выделены монофракции (рис. 2) МПГ из продуктов обогащения.



Рис. 2. Зерна МПГ из продуктов обогащения, представленные изоферроплатиной

Как можно видеть на рис. 2, зерна МПГ имеют в основном неправильную форму. Это уплощенные, изометричные и комковидные формы. Реже наблюдаются деформированные кубические зерна. Цвет зерен – оловянно-белый, до темно-серого. Поверхность шероховатая с ямками и углублениями. Углубления в основном чистые с сильным металлическим блеском, реже выполнены примазками гидроокислов железа. Края ровные, реже изрезанные с отростками.

Ниже представлены результаты исследований монофракций зерен изоферроплатины кубической, неправильной, ксеноморфной и аллотриоморфной форм, выполненных методом рентгено-спектрального микроанализа на микроанализаторах Superprobe-733 и JXA-8200 (JEOL Ltd, Tokyo, Japan) в Институте геохимии СО РАН (рис. 3–7).

На микроанализаторах был определен элементный состав зерен в массовых процентах (мас. %) в точках, показанных цифрами на фотографиях и в таблицах (табл. 1, 2, 4, 6, 7), а также элементный состав включений (табл. 3, 5, 8), что позволило отнести зерна и включения в них к конкретному минеральному виду МПГ. Фотографии зерен на приборе (см. рис. 3–7) сделаны при увеличении в 100, 120, 220 и 800 раз (марка приборов на всех фотографиях обозначена английскими буквами слева внизу). Установлено наличие в зернах следующих элементов (см. табл. 1–8): железа (Fe), никеля (Ni), меди (Cu) и ЭПГ – платины (Pt), рутения (Ru), палладия (Pd), осмия (Os), рения (Re), иридия (Ir).

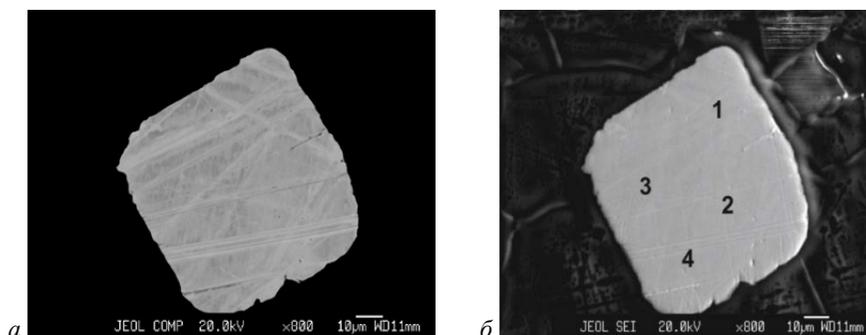


Рис. 3. Зерно изоферроплатины кубической формы. Поверхность зерна ровная, края ровные, следов брекчирования и деформации не отмечается. По площади зерна включений не обнаружено. Изображения: *а* – в отраженных электронах; *б* – во вторичных электронах и состав (табл. 1)

Таблица 1

Состав зерна изоферроплатины кубической формы (мас. %)

Fe	Ni	Rh	Pd	Cu	Os	Ir	Pt	Номер точки
9,97	не обн.	1,05	не обн.	0,15	не обн.	0,11	86,71	1
9,60	0,11	0,98	0,24	не обн.	не обн.	не обн.	87,43	2
9,77	не обн.	0,98	не обн.	не обн.	не обн.	не обн.	85,52	3
9,22	не обн.	1,02	не обн.	не обн.	1,84	2,07	85,29	4

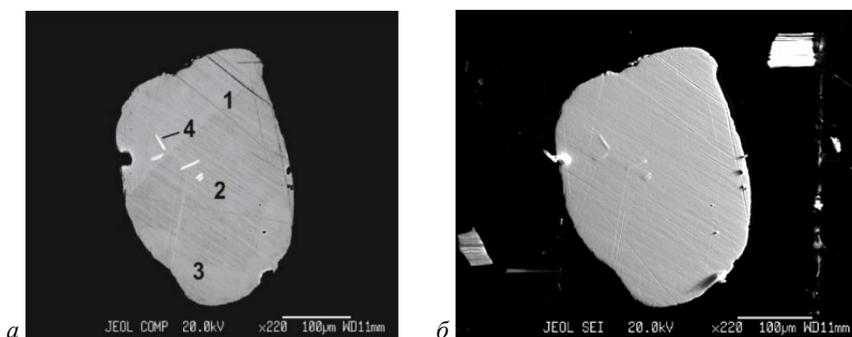


Рис. 4. Зерно изоферроплатины неправильной формы. Поверхность зерна ровная, края ровные, следов брекчирования и деформации не отмечается. По площади зерна отмечаются три включения интерметаллидов Pt, Os, Ir размером около 20 мкм по длинной оси. Изображения: *а* – в отраженных электронах; *б* – во вторичных электронах и состав (табл. 2, 3)

Таблица 2

Состав зерна изоферроплатины неправильной формы (мас. %)

Fe	Ni	Rh	Pd	Cu	Os	Ir	Pt	Номера точек
10,87	0,31	не обн.	не обн.	0,18	не обн.	0,86	87,04	1
10,44	0,24	0,30	не обн.	не обн.	не обн.	1,46	86,08	2
10,20	0,23	0,34	не обн.	не обн.	не обн.	1,73	86,98	3

Таблица 3

Состав включений в зерне изоферроплатины неправильной формы (мас. %)

Fe	Ru	Ni	Pd	Os	Re	Ir	Pt	Номера точек
7,30	0,61	не обн.	не обн.	17,71	не обн.	17,22	40,93	4

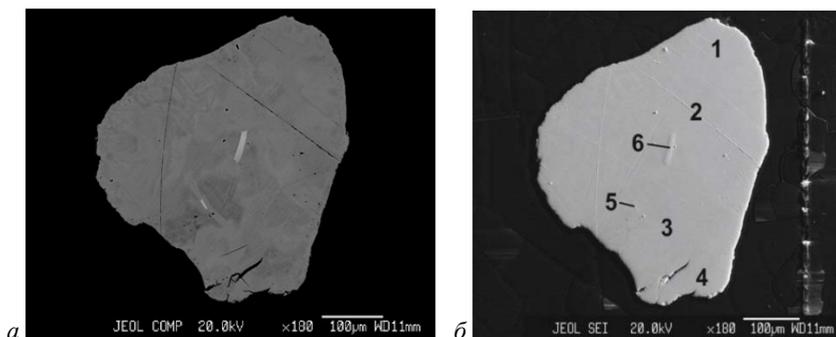


Рис. 5. Зерно изоферроплатины неправильной формы. Поверхность зерна ровная, края ровные, следов брекчирования и деформации не отмечается. По площади зерна отмечаются тонковкрапленные включения размером около первых микрометров и два вытянутых шестоватых включения осмия с примесью рутения кристаллического облика размером по длинной оси от 10 до 70 мкм. Изображения: *a* – в отраженных электронах; *б* – во вторичных электронах и состав (табл. 4, 5)

Таблица 4

Состав зерна изоферроплатины неправильной формы (мас. %)

Fe	Ni	Rh	Pd	Cu	Os	Ir	Pt	Номера точек
10,82	0,31	0,36	не обн.	0,93	не обн.	0,11	86,48	1
10,40	0,22	0,47	не обн.	0,93	не обн.	не обн.	87,70	2
10,31	0,25	0,48	не обн.	0,96	не обн.	0,22	86,02	3
10,73	0,28	0,43	не обн.	0,92	не обн.	не обн.	86,40	4

Таблица 5

Состав включений в зерне изоферроплатины неправильной формы (мас. %)

Ru	Rh	Pd	Os	Re	Ir	Pt	Номера точек
0,62	не обн.	не обн.	89,21	не обн.	не обн.	не обн.	5
0,60	не обн.	не обн.	89,63	не обн.	не обн.	не обн.	6

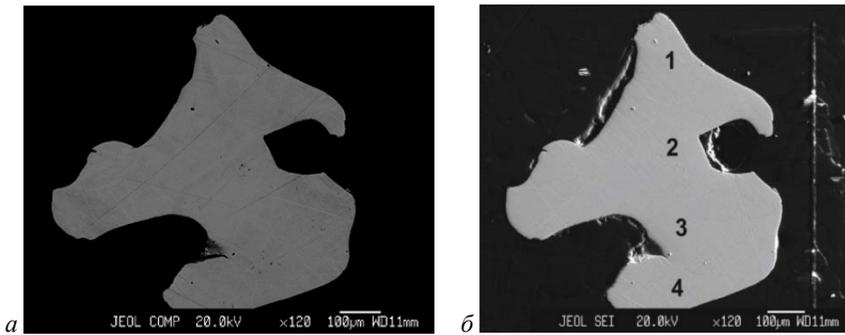


Рис. 6. Ксеноморфное зерно изоферроплатины. Поверхность зерна ровная, следов брекчирования и деформации не отмечается. Изображения: *a* – в отраженных электронах; *б* – во вторичных электронах и состав (табл. 6)

Таблица 6

Состав ксеноморфного зерна изоферроплатины (мас. %)

Fe	Ni	Rh	Pd	Cu	Os	Ir	Pt	Номера точек
9,04	0,19	не обн.	0,32	1,07	не обн.	не обн.	88,53	1
9,03	0,13	не обн.	не обн.	1,11	не обн.	не обн.	88,96	2
8,69	0,16	не обн.	0,25	1,09	не обн.	не обн.	88,39	3
8,88	0,11	не обн.	не обн.	1,14	не обн.	0,14	88,67	4

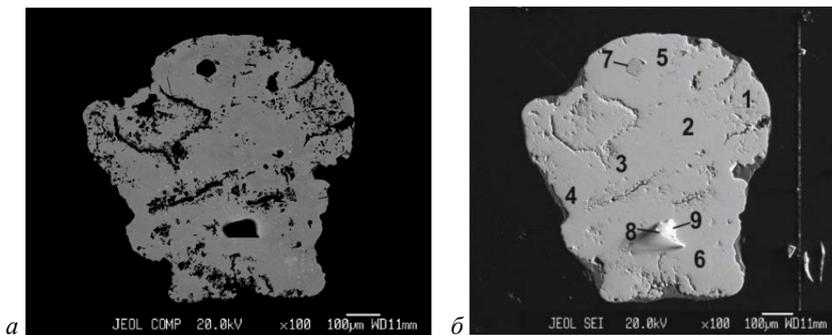


Рис. 7. Пористое зерно изоферроплатины аллотриоморфной формы. С периферии и по трещинам развиваются нерудные минералы. В самом зерне отмечены два включения: 1 – зерно иридиевого осмия гексагональной формы размером около 30 мкм; 2 – зерно осмистого иридия размером около 60 мкм. Изображения: *a* – в отраженных электронах; *б* – во вторичных электронах и состав (табл. 7, 8)

Таблица 7

Состав пористого зерна изоферроплатины аллотриоморфной формы (мас. %)

Fe	Ni	Rh	Pd	Cu	Os	Ir	Pt	Номера точек
9,94	0,14	0,58	не обн.	не обн.	не обн.	4,51	81,56	1
9,76	0,19	0,49	не обн.	не обн.	не обн.	3,92	82,18	2
10,09	0,12	0,35	не обн.	не обн.	не обн.	3,84	83,46	3
9,77	0,14	0,57	не обн.	0,24	не обн.	3,73	82,33	4
9,69	0,17	0,58	не обн.	не обн.	не обн.	3,75	83,11	6

Таблица 8

Состав включений в пористом зерне изоферроплатины аллотриоморфной формы (мас. %)

S	Fe	Ru	Ni	As	Rh	Os	Ir	Pt	Номера точек
16,09	0,22	0,42	не обн.	11,92	0,78	55,93	17,95	не обн.	7
не обн.	1,08	0,95	не обн.	не обн.	1,76	12,77	70,36	9,62	8
8,72	не обн.	1,08	не обн.	24,97	3,79	1,22	58,89	не обн.	9

### Корреляция типов платины из коренного источника с платиной из россыпи

Данные минералогических исследований и микронзондового анализа позволили выявить основные особенности элементного состава МПГ Кондёрского россыпного месторождения. В коренном залегании платина Кондёрского массива преимущественно связана с хромититами [Мехоношин, Колотилина, 2012]. Три первые разновидности (гомогенная идиоморфная (кубическая), гомогенная каплевидная, гомогенная ксеноморфная) изоферроплатины этого массива возникли при распаде твердого раствора состава  $(Pt, Ir, Os)_3(Fe, Cu)$ . При снижении температуры происходил распад твердого раствора с выделением самородного осмия во включениях. Уменьшение содержания иридия и меди связывается с произошедшим изменением этих элементов в первичном расплаве. Четвертая разновидность («пористая» изоферроплатина) сформировалась при взаимодействии магматического расплава и обогащенных серой гидротермальных растворов, что приводило к выделению самостоятельных фаз осмия, иридия, меди.

Изученные МПГ россыпного месторождения Кондёр содержат те же типы платины, где более 90 % всех зерен составляет изоферроплатина третьего типа – ксеноморфная, включающая в себя интерметаллические фазы платины, осмия и иридия (рис. 4, 5). Изоферроплатина кубической формы находится в подчиненном количестве относительно изоферроплатины неправильной формы. Реже в россыпном залегании отмечаются зерна пористой изоферроплатины и каплевидные формы.

### Выводы

1. Все изученные нами зерна платиноидов вне зависимости от морфологического типа по содержанию платины относятся к изоферроплатине ( $Pt > 81\%$ ). Примесь железа (до 10 %) обуславливает наличие у зерен платины свойств магнитности (зерна изоферроплатины слабомагнитны).

2. В технологических пробах минералогический анализ позволил выделить четыре типа зерен изоферроплатины: кубической, неправильной, ксеноморфной и аллотриоморфной форм (см. рис. 3–7).

3. Среди зерен изоферроплатины неправильной формы (см. рис. 4, 5) примесь иридия приближается к 1 и доходит до 4–5 %. Наличие примесей иридия увеличивает твердость изоферроплатины с 4 до 6–7 по шкале Мооса. Поэтому изоферроплатина неправильной формы более устойчива в гипергенных условиях, что подтвердили специальные исследования [Шило, 2002].

4. В виде включений в зернах платины неправильной формы отмечаются интерметаллические сплавы переменного состава, чаще всего кристаллы иридистого осмия, в подчиненном количестве встречаются выделения осмистого иридия.

5. Зерна МПП из техногенных отвалов и россыпи месторождения Кондёр в целом по результатам минералогического анализа соответствуют четырем морфологическим типам изоферроплатины, изученным в коренном залегании [Каретников, 2006]. Однако преобладают зерна изоферроплатины неправильной формы, содержащие включения осмия, иридия, платины. Это связано с их наибольшей устойчивостью по сравнению с другими морфологическими типами платиноидов.

Полученные выводы необходимо учитывать при дальнейшей отработке техногенных отвалов.

*Авторы выражают искреннюю благодарность профессору А. С. Мехоношину за ценные советы в процессе подготовки статьи.*

#### Список литературы

Геодинамика, магматизм и металлогения Востока России. В 2 кн. Кн. 1 / под ред. А. И. Ханчука. Владивосток : Дальнаука, 2006. 572 с.

Геология, петрология и рудоносность Кондерского массива / В. Г. Гурович [и др.]. М. : Наука, 1994. 176 с.

Каретников А. С. Возраст и генезис платиноидной минерализации массива Кондер: палеомагнитные и радиоизотопные данные // Литосфера. 2006. № 3. С. 96–107.

Мехоношин А. С., Колотилина Т. Б. Сравнительная характеристика платинометалльной минерализации в хромититах и сульфидных медно-никелевых рудах на примере массивов Кондер (Алданский щит) и Желос (Восточный Саян) // Изв. Сиб. отд-ния. Секция наук о Земле РАЕН. 2012. № 2 (41). С. 5–10.

Сушкин Л. Б. Самородки благородных металлов платинойроссыпного месторождения Кондер // Минералогические исследования и минерально-сырьевые ресурсы России : материалы Годич. сессии Рос. минерал. о-ва. М., 2007. С. 144–148.

Чикишева Т. А., Корольков А. Т. Минералогический анализ платиноидов массива Кондер // Изв. Иркут. гос. ун-та. Сер. Науки о Земле. 2013. Т. 6. С. 198–205.

Шило Н. А. Учение о россыпях: теория россыпеобразующих рудных формаций и россыпей. 2-е изд. перераб. и доп. Владивосток : Дальнаука, 2002. 576 с.

## **Platinoids of Konder Placer Deposit: Morphological Types, Their Abundance and Element Composition**

T. A. Chikisheva

*ООО PK Spirit, Irkutsk*

*Irkutsk State University, Irkutsk*

A. T. Korolkov, S. A. Prokopiev, E. S. Prokopiev

*Irkutsk State University, Irkutsk*

M. E. Shulgina

*Irkutsk State University, Irkutsk*

*ООО PK Spirit, Irkutsk*

**Abstract.** A unique placer deposit of platinumoids Konder has been in operation since the 80s of the last century by the artel of the Amur prospectors. During this time, the placers of the rivers Konder and Uorgalan were worked out. A number of publications deals with the regularities of the formation of the Konder placer and the similiary-named ultramafic massif. The researchers described in detail the morphological features of the platinum group minerals (PGM) of the indigenous non-industrial manifestations in the ultrabasic Konder massif. It has been established that the isoferroplatinum formed in the decay of a solid solution of the composition  $(Pt, Ir, Os)_3(Fe, Cu)$  is of primary importance in the indigenous sources of the Konder and is of different morphologies: homogeneous idiomorphic, drop-shaped, irregular and «porous». Isoferroplatinum  $(Pt_3Fe)$  of the Konder alluvial deposit turned out to be very heterogeneous both in iron saturation and in the content of impurity elements of the platinum group of PGE.

**Keywords:** minerals of the platinum group, placer deposit of Konder, morphology of isoferroplatinum, elemental composition of minerals of the platinum group.

**For citation:** Chikisheva T.A., Korolkov A.T., Prokopiev S.A., Prokopiev E.S., Shulgina M.E. Platinumoids of Konder Placer Deposit: Morphological Types, Their Abundance and Element Composition. *The Bulletin of Irkutsk State University. Series Earth Sciences*, 2018, vol. 23, pp. 122-133. <https://doi.org/10.26516/2073-3402.2018.23.122>. (in Russian)

## References

Khanchuka A.I. (ed.) *Geodinamika, magmatizm i metallogeniya Vostoka Rossii. V 2 knigah. Kniga 1* [Geodynamics, magmatism and metallogeny of the East of Russia. Vol. 1]. Vladivostok, Dalnauka Publ., 2006, 572 p. (in Russian)

Gurovich V. G. et al. *Geologiya, petrologiya i rudonosnost Konderskogo massiva* [Geology, petrology and ore content of the Kondeur Massif]. Moscow, Nauka Publ., 1994, 176 p. (in Russian)

Karetnikov A.S. Vozrast i genezis platinoidnoi mineralizatsii massiva Konder: paleomagnitnye i radioizotopnye dannye [Age and Genesis of the Platinoid Mineralization of the Kondeur Massif: Paleomagnetic and Radioisotope Data]. *Litosfera* [Lithosphere (Russia)], 2006, no. 3, pp. 96-107 (in Russian).

Mekhonoshin A.S., Kolotilina T.B. Sravnitel'naya kharakteristika platinometalnoi mineralizatsii v khromititakh i sulfidnykh medno-nikelevykh rudakh na primere massivov Konder (Aldanskii shchit) i Zhelos (Vostochnyi Sayan) [Comparative Description of Platinum Mineralization in Chromitites and Sulfide Copper-Nickel Ores by Example of Konder (Aldan Shield) and Zhelos (Eastern Sayan Mountains) Massifs]. *Izvestiya Sibirskogo Otdeleniya Sektzii nauk o Zemle RAEN* [Proceedings of the Siberian Department of the Section of Earth Sciences of the Russian Academy of Natural Sciences], 2012, no. 2 (41), pp. 5-10 (in Russian).

Sushkin L.B. Samorodki blagorodnykh metallov platinorossypnogo mestorozhdeniya Konder [Noble Metal Nuggets of Kondyor Platinum Placer Deposit]. *Materialy Godichnoi sessii Rossiiskogo mineralogicheskogo obshchestva "Mineralogicheskie issledovaniya i mineralno-syrievye resursy Rossii"* [Proceedings of the Russian Mineralogical Society "Mineralogical Investigations and Mineral Resources of Russia"], 2007, pp. 144-148 (in Russian).

Chikisheva T.A., Korolkov A.T. Mineralogicheskii analiz platinoidov massiva Konder [Mineralogical Analysis of Platinum Array Konder]. *Izvestiya Irkutskogo gosudarstvennogo universiteta. Seriya Nauki o Zemle* [The Bulletin of Irkutsk State University. Series Earth Sciences], 2013, vol. 6, no. 1, pp. 198-205 (in Russian).

Shilo N.A. *Uchenie o rossypyakh: teoriya rossypeobrazuyushchikh rudnykh formatsii i rossypei*. 2nd ed. Vladivostok, Dalnauka Publ., 2002. 576 p.

Чикишева Татьяна Александровна  
руководитель, минералогическая группа  
ООО ПК «Спирит»  
Россия, 664033, г. Иркутск,  
ул. Лермонтова, 128  
преподаватель, кафедра динамической  
геологии  
Иркутский государственный университет  
Россия, 664003, г. Иркутск, ул. К. Маркса, 1

Chikisheva Tatiana Alexandrovna  
Chief, Mineralogical Department  
LLC PC Spirit, 128, Lermontov st., Irkutsk,  
664033, Russian Federation  
tel.: (3952) 42-85-62  
Lecture, Department of Dynamic Geology  
Irkutsk State University  
1, K. Marx st., Irkutsk, 664003, Russian  
Federation

тел.: (3952) 24-32-80  
e-mail: chikishevatyana@mail.ru

*Корольков Алексей Тихонович*  
доктор геолого-минералогических наук,  
профессор, кафедра динамической геологии  
Иркутский государственный университет  
Россия, 664003, г. Иркутск, ул. К. Маркса, 1  
тел.: (3952) 24-32-80  
e-mail: baley51@mail.ru

tel.: (3952) 24-32-80  
e-mail: chikishevatyana@mail.ru

*Korolkov Alexei Tikhonovich*  
Doctor of Sciences (Geology and  
Mineralogy), Professor, Department  
of Dynamic Geology  
Irkutsk State University  
1, K. Marx st., Irkutsk, 664003, Russian  
Federation  
tel.: (3952) 24-32-80  
e-mail: baley51@mail.ru

*Прокопьев Сергей Амперович*  
директор, инженеринговый центр  
по переработке техногенного сырья  
Иркутский государственный университет  
Россия, 664003, г. Иркутск, ул. К. Маркса, 1  
тел.: (3952) 42-79-38, 52-15-56  
e-mail: s.a.prok@gmail.com

*Prokopiev Sergei Amperovich*  
Director, Engineering Center for Enrichment  
of Technogenic Mineral Resources  
Irkutsk State University  
1, K. Marx st., Irkutsk, 664003, Russian  
Federation  
tel.: (3952) 42-79-38, 52-15-56  
e-mail: s.a.prok@gmail.com

*Прокопьев Евгений Сергеевич*  
ведущий инженер, инженеринговый центр  
по переработке техногенного сырья  
Иркутский государственный университет  
Россия, 664003, г. Иркутск, ул. К. Маркса, 1  
тел.: (3952) 42-85-62  
e-mail: prokopyeves@mail.ru

*Prokopiev Evgenii Sergeevich*  
Leading Engineer, Engineering Center for  
Enrichment of Technogenic Mineral  
Resources, Irkutsk State University  
1, K. Marx st., Irkutsk, 664003, Russian  
Federation  
tel.: (3952) 42-85-62  
e-mail: prokopyeves@mail.ru

*Шульгина Мария Евгеньевна*  
ведущий инженер, инженеринговый центр  
по переработке техногенного сырья  
Иркутский государственный университет  
Россия, 664003, г. Иркутск, ул. К. Маркса, 1  
заведующая, лаборатория обогащения  
твёрдых полезных ископаемых  
ООО ПК «Спирит»  
Россия, 664033, г. Иркутск,  
ул. Лермонтова, 128  
тел.: (3952) 42-85-62  
e-mail: marya.schulgina@yandex.ru

*Shulgina Mariya Evgenievna*  
Leading Engineer  
Engineering Center for Enrichment  
of Technogenic Mineral Resources  
Irkutsk State University  
1, K. Marx st., Irkutsk, 664003, Russian  
Federation  
Chief, Laboratory for Enrichment of Solid  
Mineral Resources LLC PC Spirit  
128, Lermontov st., Irkutsk, 664033, Russian  
Federation  
tel.: (3952) 42-85-62  
e-mail: marya.schulgina@yandex.ru