

На правах рукописи



КУТЫРЕВ Антон Викторович

**ГЕОЛОГИЯ И ПЛАТИНОНОСНОСТЬ КОНЦЕНТРИЧЕСКИ-
ЗОНАЛЬНЫХ ДУНИТ-КЛИНОПИРОКСЕНИТ-ГАББРОВЫХ
МАССИВОВ ТАМАНВАЯМСКОЙ И ЭПИЛЬЧИКСКОЙ ГРУПП
(КОРЯКСКОЕ НАГОРЬЕ)**

Специальность 25.00.11 – геология, поиски и разведка твёрдых
полезных ископаемых, минерагения

АВТОРЕФЕРАТ

диссертации на соискание учёной степени кандидата геолого-
минералогических наук

Новосибирск – 2019

Работа выполнена в Федеральном государственном бюджетном учреждении науки Институте вулканологии и сейсмологии Дальневосточного отделения Российской академии наук (ИВиС ДВО РАН), г. Петропавловск-Камчатский.

Научный руководитель:

Сидоров Евгений Геннадьевич, доктор геолого-минералогических наук, главный научный сотрудник лаборатории минералогии Института вулканологии и сейсмологии ДВО РАН, г. Петропавловск-Камчатский.

Официальные оппоненты:

Таловина Ирина Владимировна, доктор геолого-минералогических наук, профессор кафедры исторической и динамической геологии Санкт-Петербургского Горного университета.

Светлицкая Татьяна Владимировна, кандидат геолого-минералогических наук, научный сотрудник лаборатории петрологии и рудоносности магматических формаций ФГБУН Института геологии и минералогии СО РАН (г. Новосибирск).

Ведущая организация:

Федеральное государственное бюджетное учреждение науки Институт геологии алмаза и благородных металлов СО РАН, г. Якутск.

Защита состоится 15 ноября 2019 года в 10.00 часов на заседании диссертационного Д003.067.03, созданного на базе ИГМ СО РАН, в конференц-зале.

Адрес: 630090, г. Новосибирск, проспект Академика Коптюга, 3; факс: (383) 333-21-30; e-mail: turkina@igm.nsc.ru.

С диссертацией можно ознакомиться в библиотеке и на сайте ИГМ СО РАН. Адрес сайта: <http://www.igm.nsc.ru>, раздел «Образование».

Автореферат разослан «10» октября 2019 г.

Учёный секретарь

Диссертационного совета

Доктор геолого-минералогических наук

Туркина О.М

Актуальность исследований. Концентрически-зональные базит-гипербазитовые массивы являются единственными известными геологическими образованиями, с которыми связаны крупные и уникальные россыпные месторождения платины. В последние годы были предприняты попытки обнаружения коренного оруденения в пределах таких массивов. Хотя эти работы пока не привели к открытию месторождений, ими была показана принципиальная возможность выделения экономически-рентабельных рудных зон (Козлов, Чантурия, 2009; Козлов и др., 2011; Nazimova et al., 2011; Сидоров и др., 2012). Сфера использования платиновых металлов расширяется с каждым годом, и, несмотря на огромные запасы платины месторождений Бушвельдского комплекса (ЮАР), Норильск-1, Талнах и Октябрьское (Россия), можно полагать, что концентрически-зональные массивы в будущем станут значимым источником ЭПГ. Этим обусловлена необходимость детального изучения процессов формирования платиновой минерализации и закономерностей распределения рудных зон в пределах концентрически-зональных массивов Корякско-Камчатского региона, а в частности – массивов Таманваямской и Эпильчикской групп. Россыпные месторождения Сейнав-Гальмознанского узла имеют ограниченные запасы, но россыпной потенциал Корякско-Камчатского платиноносного пояса до сих пор не оценён в полной мере, что обуславливает необходимость изучения минеральных ассоциаций известных россыпных проявлений, а также – уточнение роли различных типов коренных источников в их формировании.

Цель исследований – установление закономерностей формирования и локализации платиновой минерализации с учётом геологических особенностей строения концентрически-зональных массивов Таманваямской и Эпильчикской групп.

Основные задачи:

1. Определение типоморфных особенностей и сопоставление ассоциаций минералов платиновой группы (МПП) в концентрически-зональных массивах Таманваямской и Эпильчикской групп и сопряжённых с ними россыпных проявлениях.

2. Выявление онтогенических особенностей МПП и сопутствующих минералов с целью обоснования стадийности их образования в соответствии с этапами формирования массивов.

3. Сопоставление процессов формирования платинометалльной минерализации массивов, характеризующихся различными особенностями геологического строения.

Личный вклад, фактический материал и методы исследований. В основу работы положен материал, собранный автором в ходе полевых исследований 2015-2017 годов. В 2015 году автор принимал участие в работах по геологическому доизучению масштаба 1:200 000 площадей листа государственной геологической карты Р-59-XXVIII, на территории которого расположены массивы Таманваямской группы и россыпь ручья Прижимный. В 2016-2017 гг. автор участвовал в поисково-оценочных работах на россыпную и коренную платину, проводившихся ООО «КАМП» на массивах Эпильчикской группы. Кроме того, была использована коллекция каменного материала этих массивов научного руководителя д.г.-м.н. Е.Г. Сидорова. Всего в исследовании были задействованы следующие материалы:

- 58 проб объёмом 2-10 кг пород Матыскенского и Эпильчикского массивов, из которых были выделены зёрна платины, а также было определено содержание ЭПГ;

- 127 аншлифов рудных скоплений хромшпинелидов, вмещающих их дунитов и других пород массивов Матыскен и Эпильчик, а также, пород массивов Таманваямской группы;

- более 250 шлифов пород массивов Таманваямской и Эпильчикской группы, а также – вмещающих вулканогенно-осадочных образований;

- зёрна платины из россыпи ручья Прижимный, россыпных проявлений рек Матыскен, Снеговая, Итчайваям, Каменистая (более 500 зёрен);

- образцы базальтов и пикритов вмещающей массивы ачайваямской свиты;

- образцы и геохимические пробы пород массивов Эпильчикской и Таманваямской групп, в том числе, крупнообъёмные пробы для U-Pb датирования по цирконам.

Состав минералов изучался автором под руководством аналитика В.М. Чубарова с применением сканирующего электронного микроскопа VEGA 3, оснащённого энергодисперсионным спектрометром (ЭДС X-MAX с площадью 80 мм²) с фирменным программным обеспечением Aztec (ИВиС ДВО РАН). Ряд анализов был продублирован с использованием микрозонда Camebax №244, укомплектованного четырьмя волновыми спектрометрами и энергодисперсионным спектрометром X-MAX 50 с фирменным ПО INCA. Часть зёрен МПГ после определения состава была дополнительно изучена методом рентгеновской дифракции без истирания в порошок в рентгеновском дифрактометре Rigaku «R-AXIS RAPID II». Исследование проводилось в ресурсном центре СПбГУ, аналитик – к.г.-м.н. Е.С. Житова. Определение состава пород производилось в Центральной лаборатории ФГБУ «ВСЕГЕИ» и в лаборатории ДВГИ ДВО РАН, петрогенные компоненты определялись

методом XRF, малые – ICP-MS. Содержание ЭПГ определялось методом ICP-MS после предварительного сплавления на сульфид никеля в лаборатории геологической службы Онтарио (Канада) и лаборатории SGS Восток Лимитед (г. Чита). Локальные анализы U-Pb для определения возраста по циркону выполнены на приборе SIMS SHRIMP-II в Центре изотопных исследований ФГБУ «ВСЕГЕИ».

Научная новизна:

– впервые выполнено детальное описание платинометаллической минерализации коренных проявлений массивов Матыскен и Эпильчик, а также, существенно уточнены сведения о составе МПГ из россыпных проявлений рек Итчайваям, Каменистая, Снеговая, Матыскен и ручья Прижимный. Проведено сопоставление коренных и россыпных ассоциаций МПГ, установлены различия между проявлениями, контролирующиеся степенью эрозионного среза массивов и различным соотношением платиноносных пород в источнике сноса россыпных проявлений; обосновано существование ранее не известных коренных минерализованных зон;

– впервые изучены полиминеральные включения в платине из коренных проявлений, ранее описанные только в зёрнах из россыпей; на основании этих данных показано принципиальное отличие среды, в которой происходило образование платины ранней ассоциации, от пикритового расплава, из которого, по преобладающим представлениям, образовались дуниты;

– выделено несколько стадий преобразования МПГ, обоснована возможность образования изоферроплатины в ходе поздних стадий минерализации, показаны отличия процессов формирования поздней ассоциации МПГ между различными массивами, заключающиеся в высокой фугитивности S_2 (fS_2) при преобразовании МПГ в массивах с малой степенью эрозионного среза;

– на основании комплекса новых геохимических и изотопно-геохронологических данных подтверждено предположение о парагенетической связи между основными и ультраосновными вулканитами ачайваямской свиты и породами концентрически-зональных массивов Таманваямской и Эпильчикской групп.

Практическая значимость. Выявление закономерностей распределения ЭПГ в пределах массивов является необходимым условием успеха будущих поисково-оценочных работ как на рудную, так и на россыпную платину. Результаты работы автора по россыпи ручья Прижимный и массивам Таманваямской группы использованы при составлении карты полезных

ископаемых листа Государственной геологической карты второго поколения, листа Р-59-XXVIII (Жирнова и др., 2019, в печати).

Апробация работы. Основные результаты работы были представлены на следующих российских и международных конференциях и совещаниях: «Современные исследования в геологии» (Санкт-Петербург, СПбГУ, 2016), «Международный молодёжный научный форум «Ломоносов-2016» (Москва, МГУ, 2016), «Moscow International School of Earth Sciences» (ГЕОХИ РАН, Москва, 2016), «Новое в познании процессов рудообразования» (Москва, ИГЕМ РАН, 2016), «IV Международная конференция молодых учёных и специалистов памяти академика А.П. Карпинского» (Санкт-Петербург, ФГБУ «ВСЕГЕИ», 2017), «Металлогения древних и современных океанов» (Миасс, Институт минералогии УрО РАН, 2017), «Минералы: состав, строение, методы исследования» (Екатеринбург, ИГТ УрО РАН, 2018), «13th International Platinum Symposium» (заочно, ЮАР, 2018), «IX Сибирская конференция молодых учёных по наукам о Земле» (Новосибирск, ИГМ СО РАН, 2018).

Результаты исследования опубликованы в 13 печатных работах, в том числе – в трёх статьях в журналах из списка, рекомендованного ВАК.

Структура и объём работы. Диссертация состоит из введения, пяти глав и заключения, содержит 170 страниц машинописного текста, включая 65 рисунков, 22 таблицы и список литературы из 164 наименований. Во введении обоснована актуальность работы, кратко сформулированы цель и задачи исследования, приведена оценка новизны и практической значимости работы, описаны методы полевых и лабораторных исследований.

В **первой главе** рассматривается история изучения концентрически-зональных массивов и сопряжённой платинометалльной минерализации, приводится обзор современного состояния их изученности, обосновываются нерешённые проблемы, из которых становятся ясными цель и задачи исследования.

Во **второй главе** приводится описание геологической позиции исследуемых массивов; на основе литературных данных и авторского материала даются сведения о строении и возрасте массивов, составе слагающих их пород и вмещающих вулканогенно-осадочных образований. При этом, особое внимание уделяется дунитовому ядру, наиболее богатому платиновыми металлами.

В **третьей главе** дано детальное описание платиновой минерализации в породах массивов с привлечением сведений об ассоциациях россыпей; формулируется первое защищаемое положение.

Четвёртая глава посвящена онтогении минералов платиновой группы и последовательности их образования, рассматриваются полиминеральные включения в платине.

В **пятой главе** ведётся обсуждение полученных результатов, формулируются второе и третье защищаемые положения, рассматриваются дискуссионные вопросы. В заключении суммируются результаты работы и обосновываются проблемы, требующие дальнейшего рассмотрения.

Благодарности. Соискатель глубоко благодарен своему научному руководителю, д.г.-м.н. Е.Г. Сидорову и научному консультанту к.г.-м.н. Б. А. Марковскому (ФГБУ «ВСЕГЕИ»). За всестороннюю поддержку, критические замечания и дружеское отношение, автор признателен д.г.-м.н. А.В. Козлову, Т.С. Жирновой, к.г.-м.н. В.С. Каменецкому, д.г.-м.н. Н.Д. Толстых, к.г.-м.н. С.Ю. Степанову, А.В. Разумному, доктору философии А. Вымазаловой, к.г.-м.н. Е.В. Пушкарёву, Д.С. Бухановой, А.В. Антонову, к.г.-м.н. Р.М. Новакову, А.Б. Сорокину, Г.Н. Евсееву, к.г.-м.н. З.Г. Бадретдинову, к.г.-м.н. О.В. Якубович, к.г.-м.н. Е.С. Житовой, к.г.-м.н. Д.А. Ханину, С.А. Амелину, к.ф.-м.н. Д.Л. Коробову, Р.С. Паламарчуку, к.г.-м.н. Л.И. Лукьяновой, Н.В. Андреевой, д.г.-м.н. Г.А. Пальяновой и многим другим людям, с которыми автору довелось работать.

Работа выполнена при частичной финансовой поддержке РФФИ (проект 18-35-00126) и РНФ (проект 16-17-10145), а также – темы НИР ИВиС ДВО РАН №0282-2018-0008.

Геологическое строение и позиция массивов

Концентрически-зональные массивы, объединяемые в Корякско-Камчатский платиноносный пояс, развиты в пределах полуострова Камчатка, а также – южной и юго-восточной части Корякского нагорья (Корякско-Камчатский..., 2002). Все массивы находятся в областях развития верхнемеловых вулканогенно-осадочных толщ, (рис. 1а; Vatanova et al., 2005), особенностью которых является интенсивно проявленный основной и ультраосновной вулканизм с широким развитием плутонических ультрамафических и мафических комплексов различных формационных типов (Корякско-Камчатский..., 2002; Разумный, 2017).

В пределах Камчатско-Корякского региона выделено шесть групп концентрически-зональных массивов: Таманваямская, Эпилычикская, Верхне-Вывенская, Сейнав-Гальмоэнанская, Северо-Камчатская и Центрально-Камчатская. Расположенные в северо-восточном окончании Корякско-

Камчатского платиноносного пояса массивы Таманваймской и Эпильчикской групп являются предметом настоящего исследования (рис. 1а).

Массивы **Эпильчикской группы** расположены в северном окончании Корякско-Камчатского платиноносного пояса (рис. 1б, 2). Вмещающими их образованиями являются ватынская серия и ачайваймская свита, относимые, по биостратиграфическим данным, к верхнему мелу (Разумный, 2017).

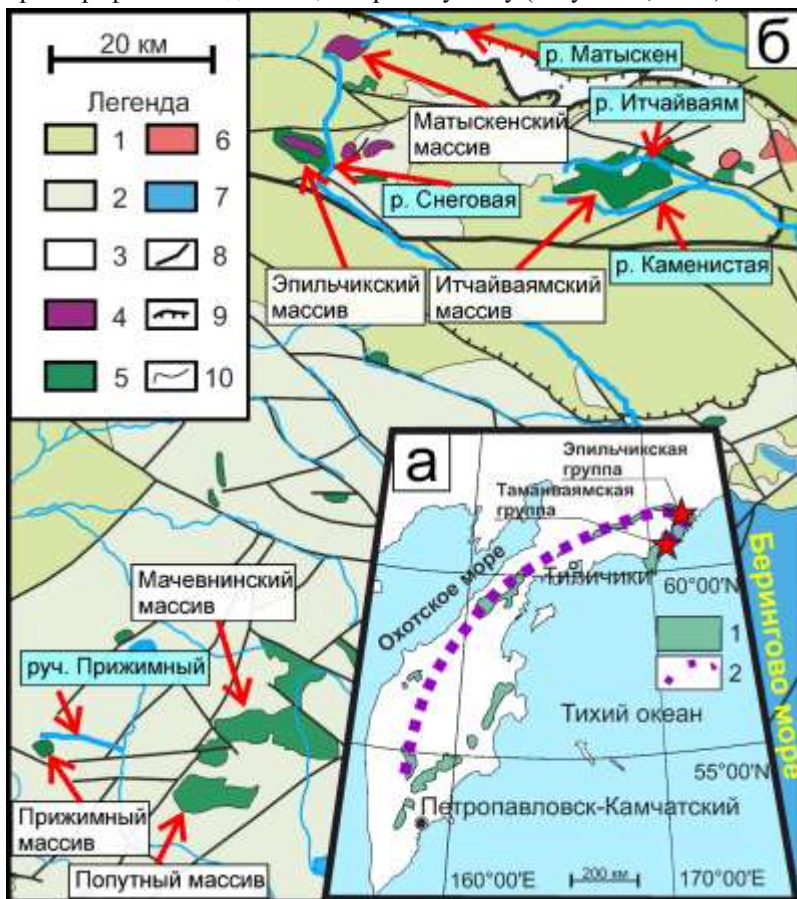


Рис. 1. Положение объектов исследования в пределах Корякско-Камчатского платиноносного пояса (а) и детальная схема размещения массивов Таманваймской и Эпильчикской групп (б). (а): 1 – области развития верхнемеловых вулканических пород и кремнистых толщ, 2 – Корякско-Камчатский платиноносный пояс (по Vatanova et al., 2005); (б): 1-3 – верхнемеловые вулканогенные и осадочные образования (1 – ватынская серия, 2 – ачайваймская свита, 3 – корякская серия), 4 – дуниты и верлиты, 5 – клинопироксениты и габбро, 6 – монцогаббро и монцодиориты, 7 – акватория, 8 – разломы, 9 – надвиги, 10 – геологические границы (по Разумный, 2017)

Матыскенский массив представляет собой практически изометричное в плане тело площадью около 7 км² (рис. 2). По гравиметрическим данным, развитие массива на глубину составляет около 1,5 км (Корякско-Камчатский..., 2002). Строение массива концентрически-зональное, близкое к идеальному. Выходы дунитового ядра занимают около 70% от площади массива. Отличительной чертой Матыскенского массива является преобладание дунитов, подвергнутых серпентинизации в очень низкой степени над серпентинизированными разностями. Дуниты отделены от пород верлит-клинопироксеновой оболочки узкими зонами серпентинитов. Все обнаруженные контакты ультрамафических пород с вмещающими образованиями ватынской серии тектонические. Матыскенский массив дренируется ручьями Хромитовый и Ледниковый, впадающими в реку Матыскен, а также – несколькими ручьями, впадающими в реку Снеговая.

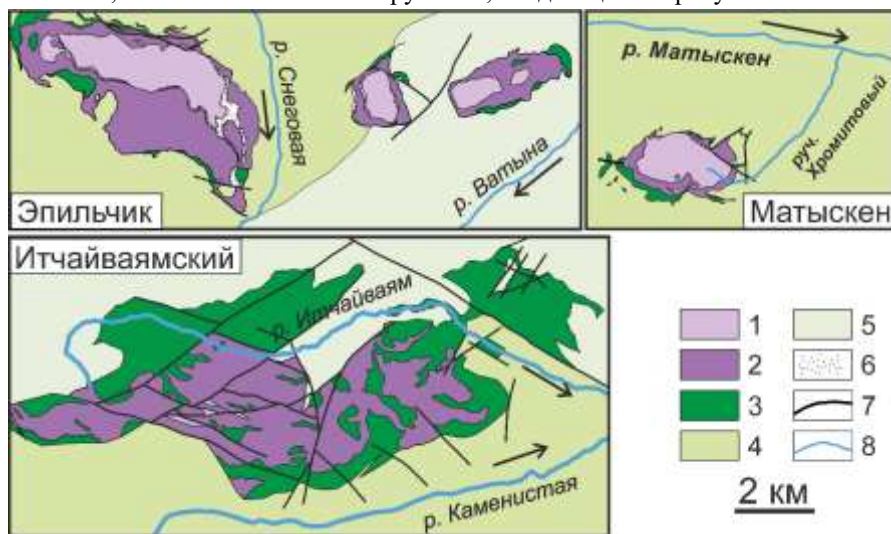


Рис. 2. Схема геологического строения массивов Эпильчикской группы: 1 – дуниты, 2 – верлиты и клинопироксены, 3 – габброиды, 4, 5 – вулканогенно-осадочные образования ватынской серии (4) и ачайваямской свиты (5) верхнего мела, 6 – серпентиниты, 7 – разломы, 8 – водотоки. По (Разумный, 2000ф), с упрощениями

Эпильчикский массив по особенностям геологического строения близок к Матыскенскому, отличаясь значительно большим размером – его площадь составляет около 20 км² (рис. 2) (Batanova, Astrakhantsev, 1994; Корякско-Камчатский..., 2002). Дуниты серпентинизированны в большей, сравнительно с Матыскенским массивом, степени, но также встречаются и практически неизменённые разности. Выходы дунитов составляют 40% от площади массива.

Он дренируется рядом ручьёв, впадающих в реку Снеговая, которая прорезает массив, протекая мимо двух крупнейших его выходов.

Итчайваямский массив является наиболее крупным среди всех массивов Эпильчикской группы – площадь выхода его пород составляет около 53 км² (рис. 2) (Корякско-Камчатский..., 2002). Большая часть массива сложена клинопироксенитами, оливин-анортитовым габбро и, в меньшей степени, верлитами; дуниты же представлены несколькими выходами в западной части массива суммарной площадью менее 1 км². Итчайваямский массив дренируется двумя речными системами: реки Каменистая с южной стороны, и реки Итчайваям с северной (рис. 2).

Массивы **Таманваямской группы** расположены в 40 км к югу от Эпильчикской группы (рис. 1). Их особенностью является большая площадь выходов и преобладание габброидов при подчинённом количестве ультрамафических пород (рис. 3). Дуниты в этой группе встречены только в виде отдельных глыб в пределах Мачевнинского массива. Между породами массивов и вмещающими образованиями наблюдаются контакты двух типов: интрузивные и тектонические. Интрузивные контакты характерны для наиболее лейкократовых разновидностей габбро, тектонические – для меланократового габбро, верлитов и клинопироксенитов. Все массивы прорваны интрузиями диоритов, гранодиоритов и гранитов. С небольшим массивом Прижимный связана золотая россыпь, из которой, в качестве попутного компонента, было извлечено около 50 кг металлов платиновой группы (Кутырев и др., 2018).



Рис. 3. Схема геологического строения массивов Таманваямской группы: 1 – клинопироксениты и верлиты, 2 – габброиды, 3 – диориты, гранодиориты и граниты, 4 – ачайваямская свита верхнего мела, 5 – разломы, 6 – водотоки

Обоснование защищаемых положений

1. Для россыпных проявлений рек Каменистая и Матыскен характерен гомогенный источник МПГ, связанный с хромит-платиновым оруденением в дунитах близлежащих массивов, а для проявлений рек Снеговая, Итчайваям и россыпи ручья Прижимный – гетерогенный, представленный как породами верлит-клинопироксенитовых зон, так и дунитами, ранее не выявленными в области сноса ручья Прижимный.

Связь состава минеральных ассоциаций МПГ со строением массива-источника, в том числе – со степенью его эрозионного среза, была предложена И.Я. Некрасовым (Некрасов и др., 1991) и подтверждена рядом работ на объектах Корякско-Камчатского платиноносного пояса (Толстых, 2004; Сидоров и др., 2012). Главная закономерность заключается в приуроченности изоферроплатины, обогащённой Ir, к проявлениям, связанным с глубоко эродированными участками массивов, в то время как с малоэродированными участками связана самородная платина, основной примесью в которой являются Pd и Rh. Эта модель также подтверждается обнаруженной в клинопироксенитах Гальмознанского массива самородно-платиновой минерализацией (Мочалов, Бортников, 2008), а разновидности минерализации соответствуют иридиисто-платиновому и платиновому минералого-геохимическим типам (Мочалов, 2001).

Использование этой концепции при анализе принципиально нового материала по коренным проявлениям МПГ массивов Матыскен и Эпильчик и россыпному проявлению реки Каменистая, а также нового материала по описанным ранее проявлениям рек Итчайваям, Матыскен, Снеговая и россыпи ручья Прижимный, позволило установить роль коренных источников в формировании известных россыпных проявлений.

Во всех рассмотренных проявлениях преобладают интерметаллиды Pt-Fe, представленные кубическими минералами – изоферроплатиной Pt_3Fe и самородной платиной $Pt_{x \geq 0,8}Fe_{x \leq 0,2}$, тетрагональными минералами группы тетраферроплатины – тетраферроплатиной PtFe, туламинитом Pt_2CuFe и никельферроплатиной Pt_2NiFe , а также – рядом неназванных интерметаллидов: Cu_3Pt , Cu_5Pt , Fe_3Pt и самородным железом, содержащим примесь Pt первые ат. % (рис. 4, таблица 1). Сопоставление минералов этого ряда позволило установить следующие закономерности:

1) для Матыскенского массива характерна иридистая изоферроплатина (платино-иридийский минералого-геохимический тип) при практически полной идентичности составов кубических минералов россыпной и коренной платины, в то время как для Эпильчикского массива наблюдается их значительное

расхождение – в россыпной ассоциации присутствует группа низкожелезистых зёрен, по составу отвечающих самородной платине (рис. 4, таблица 1). Таким образом, для проявления реки Матыскен установлен гомогенный источник МПГ, представленный минерализованными зонами в дунитах. Для проявления реки Снеговая главную роль играет источник того же типа, однако ряд зёрен по составу отвечает породам верлит-клинопироксенитовой оболочки (платиновому минералого-геохимическому типу). Перекрывание составов платины обоих массивов позволяет предположить их совместное участие в формировании проявления реки Снеговая. Однако, в последней преобладают зёрна невысокой степени окатанности, свидетельствующей о близости источника платины к россыпному проявлению. Это определяет главенствующую роль Эпильчикского массива в формировании проявления р. Снеговая.



Рис. 4. Составы интерметаллидов Pt-Fe: 1 – р. Матыскен, 2 – Матыскенский массив, 3 – река Снеговая, 4 – Эпильчикский массив, 5 – река Итчайваям, 6 – река Каменистая, 7 – ручей Прижимный. Для проявлений 5-7 нижняя часть диаграммы обрезана в виду отсутствия в этой области составов

2) близкая, но ярче выраженная закономерность наблюдается в случае с Итчайваямским массивом, который дренируется двумя речными системами (рис. 16, 2). В отложениях протекающей с северной части реки Итчайваям наблюдается бимодальное распределение железистости кубических Pt-Fe минералов, с преобладанием самородной платины. В отложениях протекающей с юга реки Каменистая самородная платина не встречена (рис. 4, таблица 1). Таким образом, для реки Каменистая характерен гомогенный источник, локализованный в дунитах, а для реки Итчайваям – гетерогенный, с преобладанием платинового при подчинённой роли платино-иридиевого типа. Эти отличия объясняются тем, что у реки Итчайваям есть широкая сеть притоков, дренирующих большой объём клинопироксенитов и верлитов, в то время как в бассейне реки Каменистая эти породы развиты в ограниченном объёме. Дуниты же встречаются в областях питания обоих россыпных проявлений.

Сравнение ассоциаций МПГ различных объектов Корякского нагорья

Минерал/массив/объект	Матыскенский		Эпильчикский		Итчайваемский		Прижимный
	Коренные	река Матыскен	Коренные	река Снеговая	река Итчайваем	река Каменистая	руч. Прижимный
Изоферроплатина Pt ₃ Fe	И	И	И	И	И	И	И
Самородная платина Pt	–	–	–	И	И	–	И
Самородный осмий Os	В	В	В	В/И	В	–	В
Самородный иридий Ir	В	В	В	В	–	–	–
Тетраферроплатина PtFe	К	К	К	К	–	–	–
Туламнит Pt ₂ FeCu	К	К	К	К	–	–	–
Никельферроплатина Pt ₂ FeNi	К	К	–	–	–	–	–
Н/с Fe ₃ Pt	К	–	К	К	–	–	–
Н/с Cu ₃ Pt	К	–	–	К	–	–	–
Н/с Ni ₂ FePt	К	–	–	–	–	–	–
Н/с Cu ₄ Pt	К	–	–	–	–	–	–
Самородное железо Fe	–	–	К	–	–	–	–
Куперит PtS	В	–	–	В	К	К	К
Высоцит (Pt,Pd)S	–	–	–	–	В	–	В
Лаурит RuS ₂	В	В	–	В	В	В	В
Эрликманит OsS ₂	В/К	В/К	–	В/К	В	–	–
Баунт и другие сульфиды Rh	В	–	–	В	В	В	–
Кашинит (Ir,Rh) ₂ S ₃	В	–	–	–	–	–	–
Купроиридисит CuIr ₂ S ₄	В	–	–	–	–	–	В
Купрородсит CuRh ₂ S ₄	–	–	–	–	–	–	В
Маланит CuPt ₂ S ₄	–	–	–	К	К	–	К
Сперилит PtAs ₂	К/В	К/В	–	В/К	–	–	К
Ирасит IrAsS	К/В	–	–	К/В	–	–	–
Холлингвортит RhAsS	–	–	К/В	К/В	–	–	К/В
Платарсит PtAsS	–	–	–	К	–	–	–
Осарсит OsAsS	–	–	–	К	–	–	–
Н/с (Fe,Rh)As	–	–	К	–	–	–	–
Кейтконнит Pd ₂₀ Te ₇	–	–	–	–	В	–	–
Мончит PtTe ₂	–	–	–	К	–	–	–
Au-Hg-Pd	–	–	–	–	И	–	–
Самородное золото Au*	–	–	–	В	В	–	–
Н/с (Ir,Bi)(Te,Sb)	К	–	–	–	–	–	–
«Оксид» Ir	–	–	–	К	–	–	К
Аваруит Ni ₃ Fe*	И/К	–	И/К	–	–	–	–
Вайрауит CoFe*	И/К	–	И/К	–	–	–	–
Пентландит (Fe,Ni) ₉ S ₈ *	И	–	И/В	–	–	–	–
Пирротин Fe ₇ S ₈ *	И/В	В	И/В	В	–	–	–
Борнит Cu ₅ FeS ₄ *	–	–	–	–	–	–	В

Примечание: Минерал образует: «И» – индивидуальное зерно, «В» – включения в платине, «К» – образует каймы обрастания или замещения вокруг других минералов или развивается по трещинкам; «←» – минерал не встречен, «→» – минерал встречен 1–2 раза, «■» – минерал встречен неоднократно, «■» – минерал относится к числу преобладающих; * золото, сульфиды и интерметаллиды Ni, Fe, Cu и Co учтены только в случае их совместного нахождения с МПГ или же наличия в их составе примеси ЭПГ. «Н/с» – неназванное соединение

3) для россыпи ручья Прижимный также характерно бимодальное распределение составов (рис. 4), однако, здесь самородная платина резко преобладает над изоферроплатиной; кроме того, выделяется группа зёрен, отличающихся необычно высоким содержанием меди.

Минералы группы тетраферроплатины и неназванные интерметаллиды (Cu_3Pt , Fe_3Pt и др.) широко распространены в коренных и россыпных проявлениях массивов Эпильчик и Матыскен, полностью отсутствуя в остальных объектах. В проявлениях, связанных с Итчайваямским и Прижимным массивами, их место занимают сульфиды МПГ: куперит PtS и маланит CuPt_2S_4 (таблица 1), что является специфической особенностью малоэродированных массивов, в составе которых преобладают клинопироксены и габброиды.

Наряду с содержанием главных компонентов, типоморфное значение имеет и распределение примесей в интерметаллидах Pt-Fe (рис. 5). Наибольшие содержания Ir установлены в проявлениях, связанных с массивами Матыскен и Эпильчик. Кроме того, только в этих объектах встречен самородный иридий.

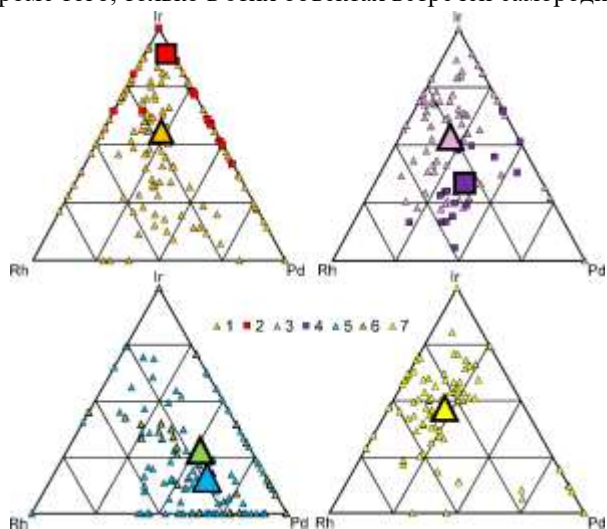


Рис. 5. Тройные диаграммы распределения примесей в самородной платине и изоферроплатине: 1 – россыпное проявление р. Матыскен, 2 – коренные проявления Матыскенского массива, 3 – россыпное проявление р. Снеговая, 4 – коренные проявления Эпильчикского массива, 5 – россыпное проявление р. Итчайваям, 6 – россыпное проявление р. Каменистая, 7 – россыпь руч. Прижимный. Укрупнённые значки соответствуют средним составам

Сопоставление содержания примесей в россыпных проявлениях, связанных с Итчайваямским массивом, показало, что платина реки Каменистая содержит

больше Ir и меньше Pd в сравнении с платиной реки Итчайваям. Из этой схемы выпадает россыпь ручья Прижимный, для которой, согласно принятой модели, должна быть характерна платина с высоким содержанием Pd и низким Ir, что, однако, не наблюдается (рис. 5).

Приведённые особенности распределения содержания Fe и Ir хорошо согласуются с установленными работами предшественников связью между глубиной эрозионного среза массива и составом МПГ (Некрасов, 1991; Толстых, 2004; Сидоров и др., 2012). Для других элементов, в первую очередь – Pd и Rh, наблюдаются расхождения с этой моделью, свидетельствующие о том, что для каждого массива характерен индивидуальный характер распределения примесей ЭПГ в кубических интерметаллидах Pt-Fe.

Важное значение для идентификации источника МПГ имеют особенности состава включений в них хромшпинелидов. Они достаточно часто встречаются в проявлениях реки Снеговая и россыпи ручья Прижимный, и не были встречены в остальных россыпных объектах. На рисунке 6 приведены составы хромшпинелидов из сростаний с платиной, из лишённых платины рудных скоплений, а также – акцессорных хромшпинелидов и хромшпинелидов верлитов и клинопироксенитов.

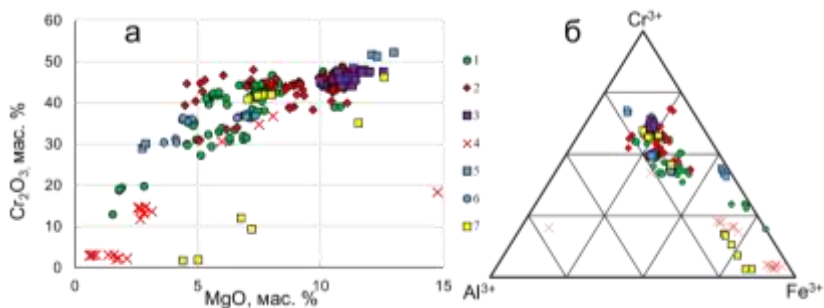


Рис. 6. Диаграммы состава хромшпинелидов: а – диаграмма в координатах Cr₂O₃ (мас. %) – MgO (мас. %), б – тройная диаграмма составов в координатах Cr³⁺–Al³⁺–Fe³⁺. 1 – акцессорные хромшпинелиды Матыскенского массива, 2 – хромшпинелиды из рудных скоплений Матыскенского массива, 3 – хромшпинелиды, сростающиеся с платиной Матыскенского массива, 4 – хромшпинелиды из верлитов и клинопироксенитов Матыскенского массива, 5 – хромшпинелиды из сростаний с платиной р. Снеговая, 6 – хромшпинелиды из верлитов и клинопироксенитов Эпильчикского массива, 7 – хромшпинелиды из сростаний с платиной россыпи руч. Прижимный

Хромшпинелиды богатых платиной рудных скоплений являются наиболее магнезиальным среди хромшпинелидов Матыскенского массива, однако, их составы в значительной мере перекрываются с полем составов акцессорных

хромшпинелидов. В эту же область попали хромшпинелиды из включений в платине реки Снеговая и ручья Прижимный. Для платины реки Снеговая характерны хромшпинелиды, попадающие на границу области дунитов и пород оболочки, а в платине ручья Прижимный, наряду с высокохромистыми и магниальными, «дунитовыми» хромшпинелидами, встречены хроммагнетиты, по составу наиболее близкие к хроммагнетитам клинопироксенитов (рис. 6).

Данные о составах включений хромшпинелидов соответствуют выводам, сделанным на основе анализа ассоциаций МПГ. Обнаружение в россыпи ручья Прижимный зёрен изоферроплатины, содержащей включения хромшпинелидов, по составу отвечающих дунитам концентрически-зональных массивов, свидетельствует о присутствии этих пород в источнике сноса россыпи.

Таким образом, весь комплекс полученных сведений об особенностях платинометалльной минерализации и сопутствующих минералов подтверждает предложенные источники для рассмотренных россыпных проявлений.

2. Особенности строения хромит-платиновых рудных скоплений указывают на их эпигенетический характер, а ассоциация сопутствующих оруденению минералов – на обогащённость минералообразующей среды летучими и рядом компонентов, нетипичных для ультрамафических расплавов.

Как было показано работами предшественников на Гальмознанском массиве и объектах Уральского платиноносного пояса, основной объём платиновой минерализации приурочен к рудным скоплениям хромшпинелидов (Сидоров и др., 2012; Tolstykh et al., 2015). В дунитах массивов Матыскен и Эпильчик такие скопления также широко распространены. Они представляют собой линзовидные и жильные тела, протяжённость которых колеблется в интервале от первых сантиметров до нескольких метров (рис. 7). Среднее содержание Pt в дуните Матыскенского массива, насыщенном рудными скоплениями хромшпинелидов, значительно выше, чем в дуните их лишённом – 0,27 г/т (N=40, 0,51 г/т при учёте аномальной пробы) и 0,056 г/т (N=126) соответственно.

Изучение рудных скоплений хромшпинелидов показало, что минералы платиновой группы имеют в них практически повсеместное распространение. Их величина, по большей части, не превышает первых мкм, однако может достигать и первых мм (рис. 8а). Преобладает среди них изоферроплатина, цементирующая полиэдрические агрегаты

хромшпинелидов (рис. 8а-в, е). В хромшпинелидах и изоферроплатине встречаются идиоморфные включения других МПГ – самородного осмия (рис. 8г, д), минералов ряда лаурит-эрликманит (рис. 8д) и самородного иридия.



Рис. 7. Рудные скопления хромшпинелидов Матыскенского массива: а – прожилок с резкими контактами, б – прожилково-вкрапленный агрегат хромшпинелида и оливина

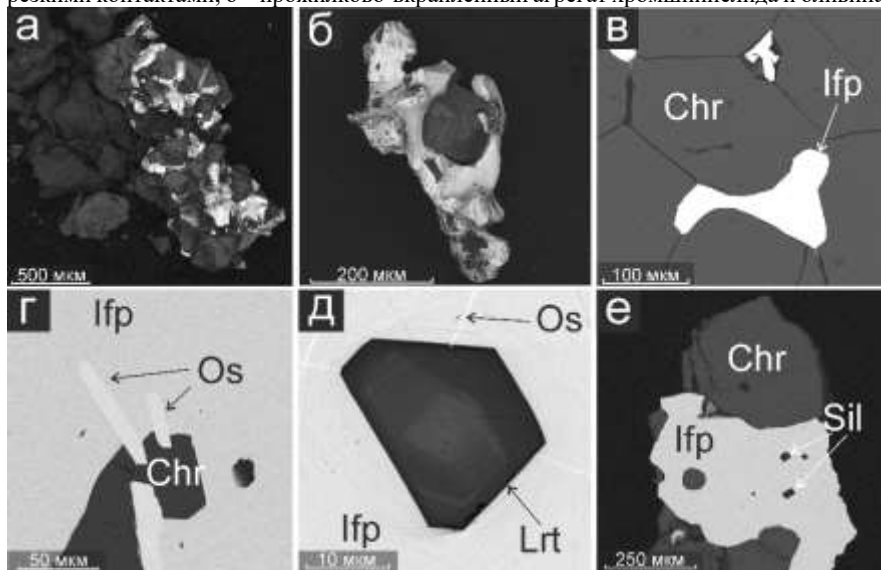


Рис. 8. Изоферроплатина из рудных скоплений хромшпинелида Матыскенского массива. Минералы: Chr – хромшпинелид, Ifp – изоферроплатина, Os – самородный осмий, Lrt – лаурит, Sil – полиминеральные включения. Все изображения в обратно-рассеянных электронах

Анализ взаимоотношений между минералами позволил установить последовательность их образования: самородный осмий / минералы ряда лаурит-эрликманит → самородный иридий / хромшпинелид → изоферроплатина, аналогичную последовательности, выявленной на других

объектах аналогичного типа. При этом, характер сростаний хромшпинелидов и изоферроплатины (рис. 8в) предполагает, что на завершающем этапе кристаллизации хромшпинелидов их рост происходил одновременно, что позволяет рассматривать эти минералы как парагенетически-связанные.

Одной из ключевых особенностей изоферроплатины коренных проявлений Матыскенского массива являются полиминеральные включения, в состав которых входят минералы, не встречающиеся во вмещающем оруденении дуните: альбит, калиево-натриевый полевой шпат, минерал состава SiO_2 , мусковит, титанит, а также, минералы, которые встречаются в дуните, но распространены ограниченно: диопсид, паргасит, флогопит и апатит (рис. 8а-в). Последние четыре минерала образуют полиминеральные включения в хромшпинелидах (рис. 9г-д), в состав которых также входит ряд более поздних минералов: гранаты (андрадит и уваровит), хлорит, серпентин и пектолит. Присутствие поздних минералов во включениях в хромшпинелидах объясняется их большей, относительно изоферроплатины, хрупкостью и, как следствие, большей проницаемостью для флюидов, связанных с серпентинизацией и другими поздними процессами.

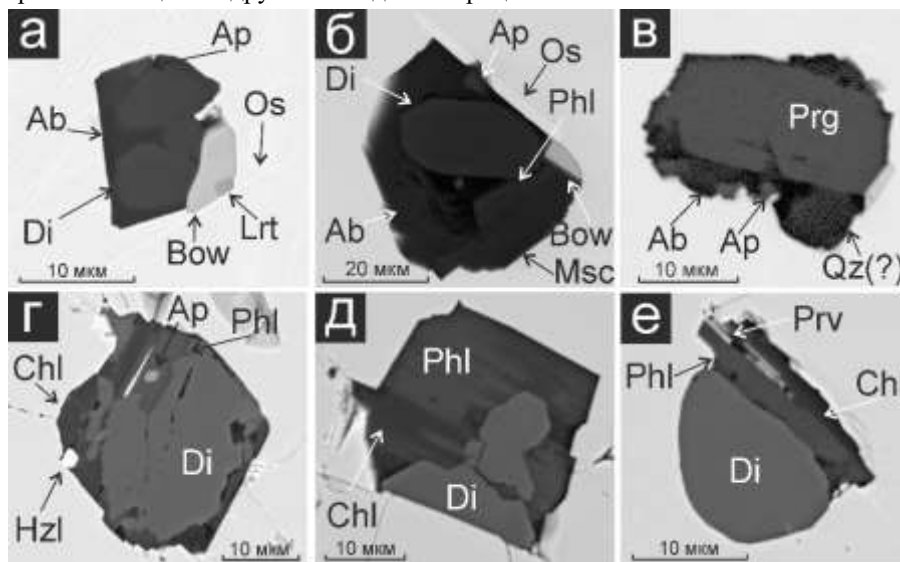


Рис. 9. Полиминеральные включения в изоферроплатине (а-в) и хромшпинелидах (г-е), Ab – альбит, Di – диопсид, Ap – апатит, Os – самородный осмий, Lrt – лаурит, Bow – баунт, Msc – мусковит, Phl – флогопит, Chl – хлорит, Hzl – хезлеудит, Prv – перовскит. Все изображения в обратно-рассеянных электронах

Несколько сложнее объяснить яркие отличия между ранними минералами включений в хромшпинелидах и платине. Эти отличия, в частности, выражаются в усреднённом валовом составе включений (таблица 2, рис. 10), который, в случае с хромшпинелидами, условно соответствует низкотитанистому пикробазальту, а случае с платиной – не соответствует никаким известным типам расплавов.

Таблица 2

Типичные составы полиминеральных включений в хромшпинелидах и изоферроплатине, мас. %

	Na ₂ O	MgO	Al ₂ O ₃	SiO ₂	K ₂ O	CaO	TiO ₂	FeO	Сумма
Хромшпинелиды	1,6	16,7	6,1	46,0	0,3	18,3	0,2	3,3	100
Изоферроплатина	3,5	10,3	13,6	53,5	2,3	11,4	0,7	4,7	100

Примечание. Результаты анализа нормированы на 100% в связи с присутствием во включениях пустот и водосодержащих минералов. Компоненты с содержанием менее 0,2 мас. % не учтены

Ранее, похожие полиминеральные включения были описаны в платине из россыпных проявлений (Nixon et al., 1990, Мочалов, 2002; Johan, 2002, Barkov et al., 2005). Возможность их интерпретации была в большой мере ограничена из-за недостатка определённой информации о коренном источнике. В рассматриваемом случае, платина, содержащая включения, была обнаружена в дуните, практически не подверженном изменениям – содержание в нём серпентина не превышает 1-2 об. %, а содержание OH⁻ составляет 0,5 мас. %. С учётом морфологических особенностей включений, это позволяет утверждать, что они являются сингенетичными изоферроплатине и отражают условия формирования минерализации.

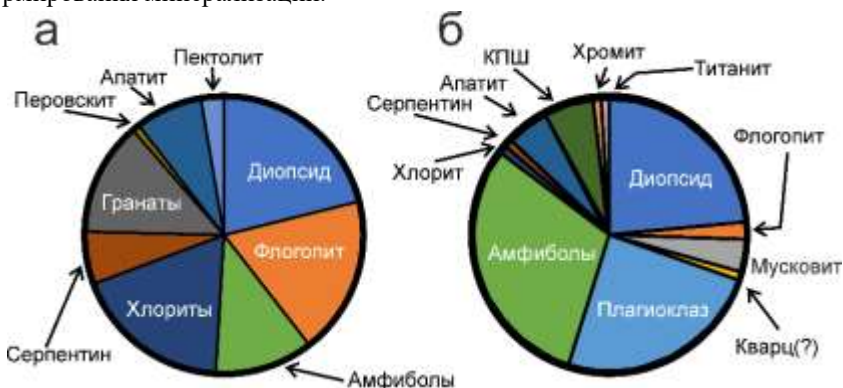


Рис. 10. Частота встречаемости минералов в полиминеральных включениях в хромшпинелидах (а) и платине (б) Матыскенского массива, без учёта сульфидов и МПГ. Диаграммы построены на основе подсчёта минералов в 50 включениях в хромшпинелидах и 45 включений в платине

В отличие от включений в платине, включения в хромшпинелидах неоднократно описывались как в дунитах концентрически-зональных массивов (Пушкарёв и др., 2007; Симонов и др., 2016; Чайка, Изох, 2018), так и в породах офиолитовой ассоциации (Rollinson et al., 2018) и расслоенных интрузиях (Gruenewaldt, Hulbert, 1985; Tanner et al., 2019). Существующие модели их формирования сводятся к следующему: 1) перекристаллизация хромшпинелидов, сопровождавшаяся захватом силикатного матрикса, в котором они находились (Gruenewaldt, Hulbert, 1985); 2) захват пикритового/бонинитового расплава, родоначального для рассматриваемой породы (Симонов, 2016); 3) захват фильтровавшегося сквозь породу флюидонасыщенного расплава, который реагировал с породой и привёл к образованию рудных скоплений; 4) захват флюида/расплава, образовавшегося в результате перераспределения интерстициального вещества уже содержавшего дисперсные частицы силикатов (Пушкарёв и др., 2007). В этой модели рудные скопления хромшпинелидов рассматриваются как постмагматические образования.

Первая модель разработана на примере хромшпинелидов из платиноносных рифов Бушвельдского массива и не может быть применена в настоящем случае в виду принципиально различного состава включений и вмещающего минерализацию дунита. Вторая модель может быть использована для объяснения включений в хромшпинелидах, однако, непригодна для включений в платине, средний состав которых не соответствует известным расплавам. Кроме того, эта модель разработана на основе изучения включений в хромшпинелидах, для которых, по текстурным и структурным особенностям, можно предположить раннемагматическое образование, а потому неприемлема для хромшпинелидов рудных скоплений и, соответственно, включений в платине.

Третья и четвёртая модели во многом близки и наименее противоречиво объясняют принципиальную разницу в составе включений и вмещающей породы (или же, гипотетического пикритового расплава, из которого был сформирован дунит), а также – особенности морфологии рудных скоплений хромшпинелида. Кроме того, эти модели предполагают образование рудных скоплений в результате длительного взаимодействия флюида или флюидонасыщенного расплава с породой, что позволяет решить проблему с растворимостью ЭПГ в силикатном расплаве, которая, по существующим данным, является очень низкой и может привести к кристаллизации только небольших зёрен МПГ (Kamenetsky et al., 2015).

Возможным аналогом полиминеральных включений является ассоциация, развитая в интерстициальном пространстве дунита (рис. 11а, б) и образующая вторичные включения в оливине (рис. 11в). Она представлена флогопитом, диопсидом, паргаситом и хроммагнетитом, образование которых в ряде случаев сопровождалось превращением оливина $Fo_{0,89-0,91}$ в его более высокомагнезиальную разность $Fo_{0,95-96}$ (рис. 11а, в). Отсутствие таких минералов, как калиево-натриевый полевой шпат, альбит и мусковит объясняется их неравновесностью с вмещающим оливином.

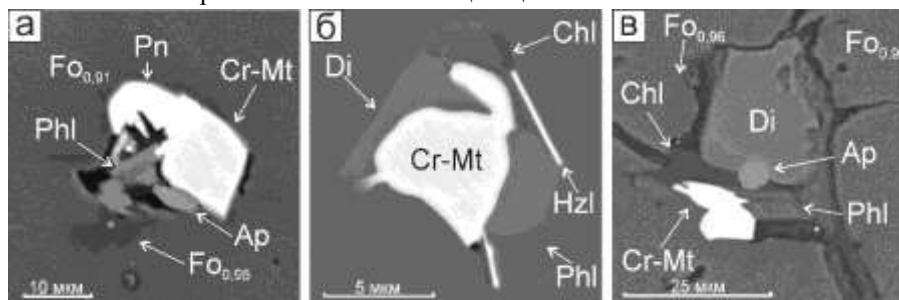


Рис. 11. Вторичные минеральные включения в оливине дунитов Матыскенского массива (а, б) и новообразованные интерстициальные минералы (в), представленные флогопитом (Phl), хроммагнетитом (Cr-Mt), апатитом (Ap), пентландитом (Pn), хезлевудитом (Hzl), диопсидом (Di) и хлоритом (Chl). Вокруг включений на изображениях «а» и «в» заметны участки развития высокомагнезиального оливина ($Fo_{0,95}$). Все изображения в обратно-рассеянных электронах

Таким образом, состав рассмотренных включений отражает контраст между условиями формирования самого дунита и хромит-платиновой минерализации и накладывает существенные ограничения на модели, предполагающие кристаллизацию МПГ из какого-либо ультраосновного расплава.

3. Преобразование МПГ носило многостадийный характер и протекало двумя путями: при низком значении fS_2 , последовательном уменьшении fO_2 и развитии арсенидной минерализации к концу процесса в массивах Матыскен и Эпильчик, и при условиях высокой и постепенно нарастающей fS_2 в массивах Итчайваям и Прижимный.

Изучение платиновой минерализации показало, что минералы наиболее ранней стадии – изоферроплатина, самородная платина, самородный осмий, самородный иридий и минералы ряда лаурит-эрликманит – подвергнуты изменениям, которые привели к образованию поздних ассоциаций. Их видовой состав значительно более разнообразен. Анализ взаимоотношений минералов

позволил выделить следующие этапы перераспределения МПГ в ходе различных гидротермальных процессов:

1) Наиболее ранние преобразования выразились в формировании изоферроплатины II генерации. Она развивается в серпентиновых прожилках (рис. 12а, б), а также, нарастает на изоферроплатину I генерации в виде скелетных кристаллов (рис. 12в). В обоих случаях для неё характерно срастание с пирротином и пентландитом. Отличительной чертой изоферроплатины второй генерации является низкая примесь Ir (<1,5 мас. %, при том, что в том же образце может присутствовать изоферроплатина с содержанием Ir до 4,5 мас. %).

2) Относящиеся к следующему этапу минералы проявлены в зёрнах платины из массивов Матыскен и Эпильчик и сопряжённых с ними россыпных проявлений. Преобладающим минералом этой стадии является тетраферроплатина, замещающая изоферроплатину по краям зёрен и трещинкам (рис. 13а, б, е), а также – выполняющая трещинки в хромшпинелиде (рис. 13е). Несколько реже позицию тетраферроплатины занимает туламинит (рис. 13в). В дальнейшем, минералы группы тетраферроплатины сменяются неназванными высокомедистыми и железистыми интерметаллидами, наиболее обычными среди которых являются Fe_3Pt и Cu_3Pt (рис. 13б, в), аварунит Ni_3Fe и вайраунит $CoFe$, а в некоторых случаях – самородное железо, которое может содержать примесь Pt (рис. 13г). С этой же стадией связано образование гексаферрума (Fe, Os) и близких ему неназванных интерметаллидов Os-Ir-Pt и Fe-Ir-Rh.

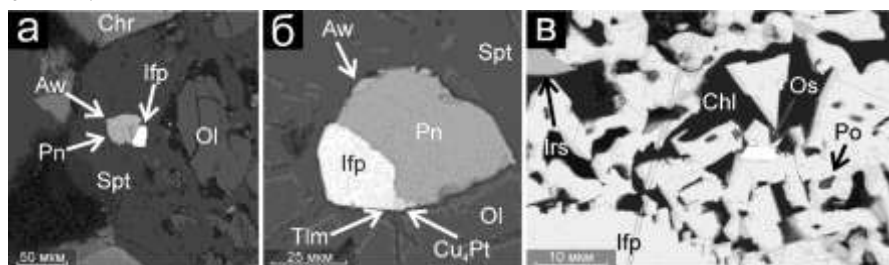


Рис. 12. Изоферроплатина II генерации: а, б – срастание изоферроплатины (Ifp) и пентландита (Pn) в серпентиновом прожилке (Spt), пентландит замещается аварунитом (Aw) и неназванным соединением Cu_4Pt , а изоферроплатина – туламинитом (Tlm), в – нарастание скелетной изоферроплатины II генерации на изоферроплатину I генерации, интерстиции выполнены хлоритом (Chl), также присутствуют включения пирротина (Po), самородного осмия (Os) и зерно ирарсита (Irs). Изображения в обратно-рассеянных электронах

Смена вторичных интерметаллидов в ряду изоферроплатина Pt_3Fe → тетраферроплатина $PtFe$ → неназванное соединение Fe_3Pt → самородное железо

Fe, отвечает последовательному увеличению восстановленности флюида в ходе первых двух стадий серпентинизации. Вторая стадия, в отличие от первой, сопровождалась окислением Fe^{2+} в оливине до Fe^{3+} , что привело к образованию магнетита (рис. 13г, е) и восстановленного флюида по описанной в экспериментальных работах схеме: $3Fe_2SiO_4(в\ оливине) + 2H_2O \rightarrow 2FeFe_2O_4 + 3SiO_2 + 2H_2$ (McCollom and Bach, 2009).

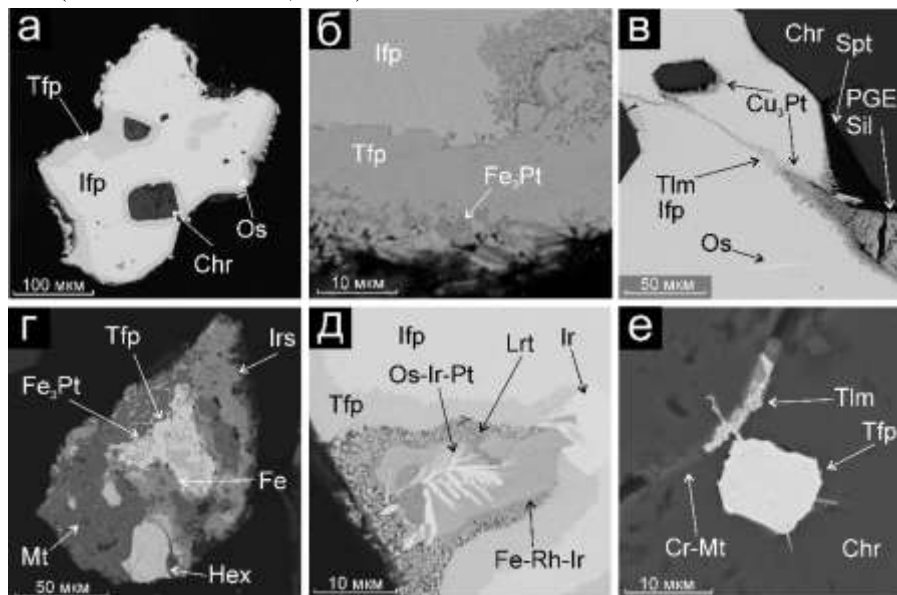


Рис. 13. Замещение изоферроплатины поздними МПГ: а, б – каймы тетраферроплатины (Tfp) и Fe_3Pt вокруг кристаллов изоферроплатины, в – развитие туламинита (Tlm), Cu_3P и тонкодисперсного агрегата МПГ и силикатов (PGE-Sil) в хромит-платиновом агрегате, г – срастание тетраферроплатины, Fe_3Pt , самородного железа (Fe), содержащего примесь Pt, ирарсита (Irs), магнетита (Mt) и гексаферрума (Hex) из массивного серпентинита, д – развитие тетраферроплатины и интерметаллидов Fe-Ir-Rh и Os-Ir-Pt-Fe по изоферроплатине и лауриту (Lrt), е – полностью замещённое тетраферроплатиной включение в хромшпинелиде, по трещинке развиваются туламинит и хроммагнетит (Cr-Mt). Все изображения в обратно-рассеянных электронах

3) Дальнейшие процессы преобразования связаны с появлением арсенидов ЭПГ. Для минералов этой группы характерно развитие по контактам изоферроплатины и тетраферроплатины, чем и определяется их отнесение к следующей стадии. Кроме того, к этой стадии относится ряд вторичных сульфидов, в том числе – эрликманит OsS_2 второй генерации, содержащий примесь As. Этот минерал, в отличие от эрликманита первой генерации, замещает самородный осмий, наследуя его соотношение Os/Ir/Ru.

В случае с массивами Итчайваям и Прижимный, процессы преобразования платины носят принципиально иной характер. Отличие заключается в том, что в поздней ассоциации преобладают сульфиды при полном отсутствии минералов группы тетраферроплатины и других интерметаллидов (табл. 1). Сульфиды, в первую очередь, представленные куперитом PtS и маланитом CuPt_2S_4 , так же, как и тетраферроплатина в случае массивов Матыскен и Эпильчик, образуют каймы вокруг кубических Pt-Fe минералов. При этом, куперит слагает внутреннюю часть каймы, а маланит – внешнюю. Согласно экспериментальным данным (Makovicky, 2002), присутствие этих минералов свидетельствует о высокой фугитивности S_2 в процессе их образования, которая также сделала невозможным кристаллизацию минералов группы тетраферроплатины и других высокожелезистых интерметаллидов.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Сопоставление ассоциаций коренных и россыпных проявлений платины позволило установить гетерогенную природу последних, что может быть использовано при проведении дальнейших работ по поиску россыпной платины в пределах Корякского нагорья и Камчатки. Обнаружение высоких концентраций Pt и самих минералов платиновой группы в породах верлит-клинопироксенитовых зон массивов показало, что источники этого типа недооценены при поисковых работах на коренную платину.

В результате исследования объёмного материала по коренным проявлениям платины установлен порядок образования МПГ. Обнаружение и интерпретация полиминеральных включений в изоферроплатине позволили сделать вывод о том, что образование платиновой минерализации наиболее ранней стадии происходило в условиях, принципиально отличающихся от среды кристаллизации основной части оливина дунита высокой активностью таких компонентов, как Si, Ca, K, Na, P, OH⁻, F, Cl. Рассмотренные особенности включений накладывают ограничения на модели, предполагающие прямую кристаллизацию МПГ из какого-либо ультрамафического расплава и, следовательно, дают основание предполагать их поздне- или даже постмагматическое происхождение.

На следующих этапах, платиновые минералы претерпели изменения под воздействием постмагматических процессов. В случае с глубокоэродированными массивами Матыскен и Эпильчик, благодаря воздействию восстановленного флюида, появившегося в ходе серпентинизации оливина, широкое развитие получили вторичные интерметаллиды. В случае с массивами Итчайваям и Прижимный, изменения происходили в условиях

высокой fS_2 , что сделало невозможной кристаллизацию интерметаллидов и привело к образованию вторичной сульфидной минерализации. Разница между минерализацией в массивах с разной степенью эрозионного среза может быть обусловлена как отличиями в условиях на их нижнем и верхнем уровнях, так и индивидуальными особенностями массивов. Полное отсутствие минералов группы тетраферроплатины и других вторичных интерметаллидов в россыпных проявлениях, связанных с малоэродированными массивами, позволяет отдать предпочтение второй точке зрения.

Список основных публикаций автора по теме диссертации

Статьи в рецензируемых журналах, рекомендованных ВАК:

1. **Кутырев А.В.**, Сидоров Е.Г., Антонов А.В., Чубаров В.М. Платинометалльная ассоциация ручья Прижимный, Корьякское нагорье // Геология и геофизика, 2018, т. 59, №8, с. 1164-1175.

2. Sidorov E.G., **Kutyrev A.V.**, Zhitova E.S., Chubarov V.M., Khanin D.A. Origin of platinum-group mineral assemblages from placers in rivers draining from the Ural-Alaskan type Itchayvayamsky ultramafics, Far East Russia // The Canadian Mineralogist, 2019, vol. 57, №1, pp. 1-14.

3. **Кутырев А.В.**, Жирнова Т.С. Концентрически-зональные массивы Таманваемского ареала Корьякско-Камчатского платиноносного пояса: особенности строения, возраст, петролого-геохимические аспекты // Тихоокеанская геология, 2019, т.38, №4, с. 45-61.

Тезисы докладов на конференциях и совещаниях:

1. **Кутырев А.В.**, Сидоров Е.Г., Антонов А.В. Платинометалльная ассоциация минералов россыпи ручья Прижимный и озера Проточное (Корьякское Нагорье) // Всероссийская научно-практическая молодёжная конференция «Современные исследования в геологии». 2016. СПб. С. 185-186.

2. **Kutyrev A.V.**, Sidorov E.G., Antonov A.V., Stepanov S.Yu. The association of platinum group minerals in Prizhimny creek placer (Kamchatka, Russia), in Moscow International School of Earth Sciences – 2016 Abstracts of International conference. 2016. С. 80-81.

3. **Кутырев А.В.**, Сидоров Е.Г., Антонов А.В. Сульфиды, арсениды и оксиды ЭПГ в зёрнах Pt-Fe сплавов из россыпи ручья Прижимный, Корьякское нагорье // Материалы Шестой Российской молодёжной научно-практической Школы с международным участием «Новое в познании процессов рудообразования», 28 ноября – 02 декабря 2016 г. 2016. Москва. С. 178-180.

4. **Кутырев А.В.** Неназванные соединения металлов платиновой группы и золота из россыпей Корякского нагорья // Материалы Международного молодежного научного форума «ЛОМОНОСОВ-2017». 2017. Москва.

5. **Кутырев А.В.** Платиновая минерализация Снегового концентрически-зонального массива, Корякское нагорье // Металлогения древних и современных океанов. 2017. № 23. Миасс. С. 124-127.

6. **Кутырев А.В.** Новые данные по петрологии магматических пород Мачевнинского массива, Корякское нагорье // V Международная конференция молодых учёных и специалистов памяти академика А.П. Карпинского. 2017. СПб. С. 764-767.

7. **Кутырев А.В.** Платинометалльная ассоциация реки Матыскен (Корякия): ключевые особенности и связь с коренным источником // Минералы: строение, состав, методы исследования. Материалы конференции. 2018. Екатеринбург. С. 101-103.

8. Yakubovich O.V., **Kutyrev A.V.**, Sidorov E.G. Pt-He dating of platinum minerals from Ural-Alaskan massifs Itchayvayam and Matysken (Koryakia, Russia) // 13th International Platinum Symposium Abstracts. 2018. С. 211-212.

9. **Кутырев А.В.**, Вымазалова А., Сидоров Е.Г., Степанов С.Ю., Чубаров, В.М. Первые данные о спектрах комбинационного рассеяния природного Ir-содержащего кислородного соединения // IX Сибирская конференция молодых учёных по наукам о Земле. Материалы конференции. 2018. Новосибирск. С. 284-287.

10. **Кутырев А.В.** Платинометалльная минерализация Эпильчикского массива (Корякское нагорье) // Металлогения древних и современных океанов. 2019. №25. Миасс. С. 233-237.