

На правах рукописи

Сидоров Евгений Геннадьевич

**ПЛАТИНОНОСНОСТЬ БАЗИТ-ГИПЕРБАЗИТОВЫХ
КОМПЛЕКСОВ КОРЯКСКО-КАМЧАТСКОГО РЕГИОНА**

АВТОРЕФЕРАТ
диссертации на соискание ученой степени
доктора геолого-минералогических наук

**Специальность 25.00.11 – геология, поиски и разведка
твердых полезных ископаемых,
минералогия**

**Петропавловск-Камчатский
2009**

Работа выполнена в Институте вулканологии и сейсмологии ДВО РАН
(ИВиС ДВО РАН, г. Петропавловск-Камчатский)

Официальные оппоненты: доктор геолого-минералогических наук,
профессор В.Г. Лазаренков
доктор геолого-минералогических наук,
профессор А.И Чернышов
доктор геолого-минералогических наук
профессор С.А. Щека

Ведущая организация: Институт геологии и минералогии СО РАН

Защита состоится 12 ноября 2009г. в 10⁰⁰ часов на заседании
диссертационного совета Д 005.006.01 при Дальневосточном
геологическом институте ДВО РАН, в конференц-зале.

Адрес: 690022, Владивосток, Проспект 100-летия Владивостока, 159,
Дальневосточный геологический институт ДВО РАН

Факс: (4232) 317-847

E-mail: feqi@vlad.ru;office@feqi.ru

С диссертацией можно ознакомиться в библиотеке Дальневосточного
геологического института ДВО РАН

Автореферат разослан _____ 2009г.

Ученый секретарь диссертационного совета
кандидат геолого-минералогических наук

/Б.И.Семеняк/



ВВЕДЕНИЕ

Актуальность исследований.

Генезис платинометалльного оруденения базит-гипербазитовых комплексов различной формационной принадлежности, оценка их потенциальной платиноносности и выработка прогнозных критериев для выявления новых месторождений металлов платиновой группы являются фундаментальными проблемами геологии.

Корякско-Камчатский регион в последнее время приобрел значение новой важной платиноносной провинции. Открытие крупных платиновых россыпей в Корякии позволило региону на протяжении десятка лет стабильно удерживать лидирующие позиции по добыче россыпной платины в России. Кроме того, платиносодержащие медно-никелевые руды разведанных месторождений Камчатки также, очевидно, внесут свой вклад в расширение добычи платины в регионе. Актуальность исследований обусловлена постоянно растущим спросом на металлы платиновой группы, которые, при своем «благородстве», являются «рабочими» металлами с обширными и расширяющимися областями применения. Исключительно важное экономическое и стратегическое значение металлов платиновой группы ставит вопросы исследования проявлений и месторождений платиноидов в разряд первоочередных, имеющих важное народнохозяйственное значение, особенно, в связи с принятой государственной программой интенсификации освоения Дальнего Востока России. Потенциал активно разрабатываемых россыпных месторождений ограничен, в связи с чем особо остро встает проблема поиска новых источников платины. Полученные в последнее время многочисленные новые данные по платиноносности различных базит-гипербазитовых формаций региона требуют обобщения, типизации, детального исследования эталонных платиноносных объектов в целях прогнозирования и выявления месторождений, в том числе их новых типов с оценкой их перспективности и экономической значимости. Все это определяет актуальность проведенных исследований.

Цель и задачи исследований.

Целью работы является минералого-геохимическая типизация платиновой минерализации различных платиноносных базит-гипербазитовых формаций Корякско-Камчатского региона, определение практической значимости и выявление ее генетических особенностей для прогнозирования новых месторождений. Для этого решались следующие задачи:

1. Проведение формационной и изотопно-геохронологической типизации базит-гипербазитовых комплексов.
2. Выявление закономерностей локализации платиноидного оруденения, исследование вещественного состава руд и определение типоморфных признаков платиновой минерализации различных типов базит-гипербазитовых формаций.
3. Реконструкция условий рудообразования на основе исследования минеральных парагенезисов минералов элементов платиновой группы (МПГ).
4. Определение роли постмагматических процессов в формировании платинометалльного оруденения.
5. Оценка перспективности выявленных рудопроявлений и месторождений МПГ.

Фактический материал и методы исследований.

Работа была начата в ПГО "Камчатгеология" и продолжена в Институте вулканологии и сейсмологии ДВО РАН. Исследования проводились в тесном сотрудничестве с коллегами из этих организаций, а также ГИНа, Института литосферы и геологии окраинных морей, ИГиГ СО РАН, МГУ, ВСЕГЕИ, других институтов РАН и производственных организаций Камчатки.

Основой работы послужили материалы автора, полученные в результате полевых исследований базит-гипербазитовых массивов Корякско-Камчатского региона с 1978 по 2008 гг. За этот период автор принимал непосредственное участие в изучении большей части платиноносных объектов этого региона: гипербазитовых массивов офиолитовых поясов, зональных комплексов Корякско-Камчатского платиноносного пояса и расслоенных норит-кортландитовых интрузий Срединного хребта, а также аналогичных объектов Монголии, Аляски и Канады.

Исследования проводились в рамках выполнения программ по планам НИР, МЦНПО «Платина», хоздоговорных работ по заданиям ПГО «Камчатгеология», ФГУГП «Камчатская поисково-съёмочная экспедиция», «Пенжинская ГРЭ», ЗАО «Корякгеолдобыча», ЗАО «Быстринская горная компания» и по проектам РФФИ. Изучены представительная коллекция МПГ из коренных руд и россыпей, связанных с платиноносными комплексами, большая часть которой отобрана автором в ходе полевых исследований, а также материалы, переданные для исследований сотрудниками ЗАО «Корякгеолдобыча» во время совместных работ. Наиболее значимыми для исследований явились более чем 30 проявлений коренных руд Гальмознанского

массива, которые выявлены автором в результате реализации оригинальных поисковых методик. В работе использованы данные, полученные и опубликованные с коллегами и соавторами в период многолетних совместных исследований. Значительная часть микрозондовых анализов выполнена при участии автора в Институте вулканологии и сейсмологии ДВО РАН. Проанализировано более 5000 МПГ, породообразующих и акцессорных минералов, изучены аншлифы и шлифы образцов платиноносных комплексов.

Методика исследований включала выделение мономинеральных фракций породообразующих и акцессорных минералов для изотопных исследований и датировок возрастов базит-гипербазитовых комплексов. Необходимой частью исследований явилось определение концентраций элементов платиновой группы (ЭПГ) в породах и рудах методами сцинтилляционного спектрального анализа (Институт геохимии СО РАН), а также химико-спектрального и атомно-абсорбционного анализа (ЦЛ ОАО «Камчатгеология»). Использованы данные обработки технологических проб руд, проведенные в ЦЛ Норильского ГОКа под руководством В.Ф. Борбата. Рентгеновские характеристики и изотопные определения радиологического возраста получены в ИГД РАН, Университете штата Аляска и в Центре изотопных исследований ВСЕГЕИ. Исследования флюидных включений в минералах зональных комплексов проведено во ВСЕГЕИ (Е.В. Толмачева). Концентраты, обогащенные МПГ, получены при шлиховом опробовании и обработке протолочек и крупнообъемных минералогических проб. Оригинальная методика выявления микропарагенезисов МПГ заключалась в послойном, многоразовом срезании штуфной поверхности образцов для исследования ее под микроскопом с целью выявления взаимоотношений рудных и породообразующих минералов. Заключительным этапом исследований явилась компьютерная обработка многочисленного фактического материала для анализа и обобщения полученных результатов.

Научная новизна работы.

- Для Корякско-Камчатского региона впервые проведена систематизация коренных проявлений МПГ, связанных с разноформационными базит-гипербазитовыми массивами.
- Впервые в массивах различной формационной принадлежности были выделены и изучены минеральные формы ЭПГ, повышенные концентрации которых определялось ранее только химическими анализами.

- Установлены рудноформационные типы коренного платинового оруденения и факторы, контролирующие его локализацию.

- Выявлены типоморфные особенности силикатных и рудных минералов, с которыми ассоциируют МПГ. Впервые установлено, что ассоциирующие с МПГ минералы содержат значительные примеси Cl, Co, Ni, Zn, Cu, ЭПГ.

- Выявлена роль флюидов при мобилизации, перераспределении и концентрировании ЭПГ в рудообразующем процессе для рассматриваемых формаций.

- Получена минералого-геохимическая характеристика медно-золото-палладиевого оруденения в зональных массивах, как нового, перспективного типа комплексных руд.

- Проведена минералого-геохимическая типизация россыпных месторождений платины на формационной основе в регионе и выявлены критерии прогнозирования коренной минерализации по минералого-геохимическим особенностям россыпей МПГ.

- На основе изотопных данных впервые получены и уточнены датировки многих эталонных базит-гипербазитовых массивов Корякско-Камчатского региона, относящихся к различным формационным типам.

Практическая значимость и реализация результатов исследований.

Представленный в работе материал может быть использован при металлогеническом анализе и геологическом картировании. Результаты исследования позволят более объективно и обоснованно подходить к оценке перспективности территорий при планировании поисковых работ на платиноиды, к выбору оптимальной методики при их поисках, и использованы при прогнозировании месторождений платиновых руд.

- Участие автора в исследованиях привело к открытию новой платиноносной провинции, что подтверждается соответствующими свидетельствами.

- Установлены коренные проявления и промышленно значимые рудные зоны в дунит-клинопироксенит-габбровых массивах Корякии, открытие которых послужило важным стимулом к активизации поисков коренных месторождений платины в пределах всего Корякско-Камчатского региона.

- Разработанная методика поисков платиновых рудных зон была использована при проведении поисковых работах на платину в ЗАО «Корякгеолдобыча», ЗАО «Быстринская горнорудная компания» и ОАО «Камчатгеология».

- Материалы автора использованы при составлении Геологической карты и карты полезных ископаемых Камчатки и Корякского АО м-ба 1:1500000, 2005 г., Госгеолкарты м-ба 1:1000000, лист N-57, (третье поколение), 2006 г. Сделаны практические рекомендации по направлению поисковых и разведочных работ на территории Корякско-Камчатского региона, отраженные в 10 отчетах производственных организаций и горнодобывающих компаний. Материалы диссертации использованы в ЗАО «Корякгеолдобыча», ЗАО «Быстринская горная компания», ФУГП «Камчатгеология».

Публикации и апробация работы. Результаты исследований опубликованы в 7 монографиях и в 115 статьях и тезисах докладов, в том числе, 30 статей - в рецензируемых журналах, из которых 5 международных. Фактический материал по теме диссертации вошел в 12 научных и производственных отчетов, в которых автор являлся ответственным исполнителем или соавтором. Основные положения работы и результаты исследований докладывались и представлялись более чем на 30 конференциях, совещаниях и симпозиумах в России и за рубежом: Ультраосновные магмы и их металлогения (Владивосток, 1983); Формационное расчленение, генезис и металлогения гипербазитов (Хромтау, 1985); Офиолиты Восточной окраины Азии (Хабаровск, 1986); Рудные формации Северо-Востока СССР (Магадан, 1987); Проблемы магматизма, метаморфизма и оруденения Дальнего Востока (Южно-Сахалинск, 1988); Закономерности строения и эволюции геосфер (Хабаровск, 1998); Минеральные ресурсы стран СНГ (Санкт-Петербург, 1998); Петрология и металлогения базит-гипербазитовых комплексов Камчатки (Петропавловск-Камчатский, 2000); Платина в геологических формациях Сибири (Красноярск, 2001); Изотопная геохронология в решении проблем геодинамики и рудогенеза (Санкт-Петербург, 2003); Современные проблемы формационного анализа, петрология и рудоносность магматических образований (Новосибирск, 2003); Alaska Miners Association, Anchoradge, 1990, 1997); 7th, 8th, 9th International Platinum Symposium, 1994, 1998, 2001); 16th Biennial Conference on Alaskan Mining, "Second Rush of 98" (Fairbanks, 1998); Prospectors & Developers Association of Canada, International Convention (Toronto, 1999); Society for Mining, Metallurgy and Exsploration Annual Meeting (Cincinnati, Salt Lake City, Utah, 2000); Joint Technical Conference, American Association of Petroleum Geologists, Anchorage, 2002); 99th Annual Meeting Cordilleran Section (Puerto Vallarta, Mexico, 2003); Society for Mining, Metallurgy and Exsploration Annual Meeting, Cincinnati, Ohio, 2003);

Alaska Geological Society, Geology Symposium (Fairbanks, 2003); 32nd International Geological Congress (Italy, 2004); Metallogeny of the Pacific Northwest: Tectonics, Magmatism and Metallogeny of Active Continental Margins (Vladivostok, 2004), Благородные и редкие металлы Сибири и Дальнего Востока (Иркутск, 2005); Рудогенез и металлогения Востока Азии, (Якутск, 2006); Ультрабазит-базитовые комплексы складчатых областей (Иркутск, 2007).

Объем и структура работы. Диссертация состоит из 6 глав, введения, заключения и списка литературы. Материал изложен на 415 стр., включая 81 таблицу и 175 рисунков. Список литературы включает 426 наименований.

Благодарности. Исследования по теме диссертации были начаты в ПГО «Камчатгеология» под руководством А.И. Байкова, Е.А. Баженова, Б.К. Долматова и продолжены в Институте вулканологии ДВО РАН под руководством Ф. Ш. Кутыева, которым автор искренне благодарен. Проведению данной работы способствовало тесное сотрудничество с коллегами: И.А. Сидорчуком, А.Ф. Марченко, Л.П. Аникиным, В.С. Резниченко, В.Л. Семеновым, Л. С. Симоновой. Б.А. Марковским, Б.И. Слядневым, и В.А. Полетаевым. Автор приносит благодарность сотрудникам ЗАО «Корякгеолдобыча», Камчатской поисково-съёмочной экспедиции, а также коллегам и соавторам А. П. Кривенко, Э.Г. Конникову, В.В. Велинскому, А.Э. Изоху, Е.К. Игнатьеву, А.П. Козлову, И.А. Тарарину, Н.Д. Толстых, А.Б. Осипенко, Е.В. Толмачевой, Н.С. Рудашевскому, Э.А. Ланде, А.П. Романову, А.Ф. Литвинову, Г.П. Авдейко, Г.В. Ледневой, Ю.О. Егорову, А.И. Костоянову, Ю.Н. Николаеву, А.В. Аплеталину, Т.Л. Евстигнеевой, О.В. Астраханцеву, В.Г. Батановой, Т.А. Доброскок, С.И. Прокопчуку, Л.Г. Карповой и Т.К. Бунтдзёну. Значительная часть работы основана на аналитических данных, полученных В.М. Чубаровым, Т.М. Философовой и С.В. Москалевой, за что автор выражает им особую благодарность.

ОСНОВНЫЕ ЗАЩИЩАЕМЫЕ ПОЛОЖЕНИЯ:

I. В пределах Корякско-Камчатского региона выделяются три базит-гипербазитовые формации, образованные в возрастном диапазоне J_3 - Р, с которыми связаны россыпные и коренные проявления и месторождения платиновых металлов: (1) дунит-гарцбургитовая; (2) габбро-клинопироксенит-дунитовая; (3) норит-кортландитовая.

II. Платиноносность массивов дунит-гарцбургитовой формации Корякско-Камчатского региона определяется: (1) акцессорной Os-Ir-Ru минерализацией с различной долей изоферроплатины в зависимости от особенностей коренного источника и (2) гидротермальными сульфидными Au-Cu-Zn рудами с Pt и Pd.

III. Зональные массивы габбро-клинопироксенит-дунитовой формации обладают двумя основными типами коренной минерализации: (1) Pt-Fe сплавами, преимущественно, изоферроплатиной с различными соотношениями примесей Ir, Rh и Pd в зависимости от особенностей их коренных источников и (2) Au-Cu-сульфидными рудами с Pd и Pt.

IV. Существенную роль в формировании коренного платинового оруденения в массивах дунит-клинопироксенит-габбровой формации играют процессы серпентинизации, в ходе которой гидротермальные растворы дополнительно мобилизуют Cu, Ni, Co, Fe, Zn, Pb, Bi, Hg, S, As и Cl и значительно преобразуют первичные магматические парагенезисы МПГ.

V. Платиноносность интрузий норит-кортландитовой формации определяется сульфидными медно-никелевыми рудами с платиной и палладием, которые характеризуются сперрилитовой минерализацией, теллуровисмутитами и антимонидами палладия.

Глава 1. ИСТОРИЯ ИССЛЕДОВАНИЯ ПЛАТИНОНОСНОСТИ КОРЯКСКО-КАМЧАТСКОГО РЕГИОНА

Наиболее ранние сведения о базит-гипербазитовых комплексах региона и их платиноносности относятся к началу XX века (Богданович, 1904, Конради, 1925; Трошин, Дягилев, 1926; Высоцкий, 1933; Хватов, 1933; Харкевич, 1941). Северо-западная группа массивов изучалась П.Г. Тугановым (1947-1948 г.), С.И. Родько и Г.С. Киселевым (1948-1949). В 60-70-е годы при геологосъемочных и тематических работах геологами КГУ, ВАГТ, НИИГА А.Ф. Михайловым, Л.И. Анкудиновым, В.П. Василенко, В.П. Похиалайненом, Ю.М. Резником, Л.И. Кравченко были

изучены базит-гипербазитовые массивы Мамет, Куюл и Валижген и установлена их россыпная платиноносность. Первой сводкой по геологии офиолитовых комплексов бассейна р. Хатырки стала работа М.В. Богидаевой и В.Т. Матвиенко (1960). Позднее были выполнены первые анализы МПГ (Пинус, Велинский 1973, Велинский, 1979).

В пределах Восточной Камчатки в 1953 году А.И. Юдиным, Ю.Н. Гринченко и Ю.Г. Кузнецовым впервые были исследованы гипербазиты о-ва Карагинского и п-ва Камчатский Мыс. В последующие годы они изучались в процессе геолого-съёмочных работ и тематических исследований (Долматов, Хотин, 1969; Луцкина, 1976; Зинкевич и др., 1985, 1986; Сидоров, 1988; Бояринова и др. 2007; Федорчук, 1989, 1991; Осипенко, Крылов, 2001).

Н.А. Шило и С.М. Тильман (1970) первыми обосновали то, что Северо-Восток СССР является перспективной платиноносной провинцией, однако неоднозначность трактовки формационной принадлежности базит-гипербазитовых массивов Корякии на несколько лет отодвинула открытие здесь месторождений платины. На сходство базит-гипербазитовых массивов Олюторской зоны с интрузиями Платиноносного пояса Урала впервые обратила внимание Л.И. Аникеева (1976). Несмотря на это, многочисленные исследователи базит-гипербазитовых массивов Олюторской зоны продолжали относить их к офиолитовым комплексам (Велинский, 1979; Алексеев, 1982; Зимин и др., 1982), что не позволило своевременно оценить перспективы их платиноносности. По этой причине не были оценены должным образом находки хромитоносных дунитов со значимыми содержаниями Pt и Pd, установленные в 1972-1974 гг. при проведении геологической съёмки масштаба 1:200000 под руководством Э.С. Алексеева.

Принципиально новый этап изучения Гальмознанского массива, как и других массивов Олюторской зоны, связан с работами Ф.Ш. Кутыева, Е.Г. Сидорова, О.В. Астраханцева, В.Г. Батановой, Г.В. Ледневой (Кутыев и др., 1988, 1991; Батанова и др., 1991; Батанова, 1991; Батанова, Астраханцев, 1992; Астраханцев, 1996; Sidorov, 1995; Леднева, 1995), которые обосновали, что базит-гипербазитовые массивы Олюторской зоны относятся к концентрически-зональным комплексам урало-алаякского типа. Первые специализированные исследования платиноносности Олюторской зоны проводились сотрудниками Института вулканологии ДВО РАН под руководством Ф.Ш. Кутыева с участием автора (Кутыев и др., 1988, 1991). В период 1984-1988 гг., были получены первые данные о россыпных проявлениях платины и охарактеризованы ассоциации МПГ в россыпях, приуроченных ко всем

крупным массивам, а также установлены единичные МПГ в коренных породах этих массивов. Проведенное сравнение МПГ из шлиховых ореолов с таковыми из россыпей Аляски и Урала показало их значительное сходство. Это позволило прогнозировать открытие россыпных месторождений, а научный прогноз послужил основанием для постановки целенаправленных поисковых и разведочных работ, которые в начале 1990-х годов привели к открытию крупнейшего в России россыпного Гальмознанского (или Сейнав-Гальмознанского) платиноносного узла и началу промышленной добычи платины, осуществляемой ЗАО «Корякгеолдобыча». (Мелкомуков, Зайцев, 1999; Зайцев и др., 2001; Корякско-Камчатский..., 2002). В 1996 году была выявлена коренная платиновая минерализация (Сидоров, 1997), оконтурены рудные зоны, дальнейшее изучение которых позволило обосновать технологические возможности их промышленной отработки (Козлов, 2000, 2001, 2008; Сидоров и др., 2004; Зайцев и др., 2001), а также выявлена последовательность формирования МПГ парагенезисов (Tolstykh et al., 2002, 2004).

Интрузии Северной группы (Камчатского перешейка) изучались геологами под руководством А.Г. Погожева, Г.М. Агальцова и В.И. Голякова и С.И. Федотова (1951-1958 г.), в это же время здесь были обнаружены МПГ в золотоносных россыпях.

Массивы норит-кортландитовой формации в южной части Срединного хребта начали изучаться при геолого-съемочных работах в 1964-1966 гг., в результате которых были выявлены массивы Кувалорог и Дукук, а также многочисленные проявления сульфидных медно-никелевых руд, связанные с аналогичными интрузиями. Значительный вклад в их исследование внесли Л.А. Агафонова, Б. К. Долматов, А.И. Байков, Е.А. Баженов, С.З. Горбачев, В.А. Полетаев, Г.Н. Старков, С.А. Щека, В.М. Чубаров, Э.Г. Конников, В.М. Округин, Е.К. Игнатьев и др. Ими были установлены повышенные содержания ЭПГ и получены первые данные о МПГ в Cu-Ni сульфидных рудах (Игнатьев, Чубаров, 1983; Щека и др., 1999; Полетаев, 1999), а также определены условия формирования этих интрузий (Щека, Чубаров, 1987; Конников и др., 2005, 2006; Чубаров и др., 2005; Селянгин, 2006, 2007).

Глава 2. ГЕОЛОГО-СТРУКТУРНОЕ ПОЛОЖЕНИЕ, ФОРМАЦИОННАЯ ПРИНАДЛЕЖНОСТЬ И ГЕОХРОНОЛОГИЧЕСКАЯ ТИПИЗАЦИЯ БАЗИТ-ГИПЕРБАЗИТОВЫХ КОМПЛЕКСОВ

При проведении исследований платиноносности базит-гипербазитовых комплексов автором использован формационный подход, как метод познания закономерной связи отдельных типов платинометалльных проявлений и месторождений с определенными магматическими формациями. Вслед за Ф.Ю. Левинсоном-Лессингом, Н.С. Шатским, Ю.А. Кузнецовым магматическая формация рассматривается нами как естественный парагенезис изверженных пород, повторяющийся во времени и пространстве, сохраняющий особенности петрографического состава, внутреннего строения и металлогенической специализации. Основной целью применения формационного метода явилось выявление структурно-вещественных признаков конкретных магматических формаций в пределах региона, т.к. только идентификация базит-гипербазитовых комплексов позволяет дать оценку их металлогенического потенциала и прогнозировать связанные с ними типы месторождений.

В пределах Корякско-Камчатского региона выделяются платиноносные базит-гипербазитовые комплексы, относящиеся к следующим магматическим формациям: (1) дунит-гарцбургитовой (альпинотипные или офиолитовые гипербазиты), (2) габбро-клинопироксенит-дунитовой (концентрически-зональные массивы урало-алаякского типа) и (3) норит-кортландитовой (расслоенные интрузии), возраст формирования которых соответствует диапазону $J_3 - P$.

2.1. Дунит-гарцбургитовая формация.

В пределах региона выделяются офиолитовые пояса массивов дунит-гарцбургитовой формации (Рис. 1), слагающие основания крупных надвиговых чешуй и останцы тектонических покровов: Северо-Западный, Хатырский, Восточно-Камчатский. По морфологии массивы представляют собой тектонизированные пластинообразные тела, удлиненные в плане, представленные от незначительных по размеру линз и глыб в (Хатырский меланж) до массивов, площадь которых достигает 400 км^2 (Кротонский массив). Массивы согласны со структурой вмещающих вулканогенных толщ и приурочены к зонам глубинных разломов. В их строении преобладают серпентинизированные гарцбургиты, содержащие удлиненные линзы

дунитов, вмещающие хромитовое оруденение. Лерцолиты, верлиты, пироксениты и габброиды распространены незначительно.

Северо-Западный пояс рассматривается как фрагмент Западно-Чукотского гипербазитового пояса (Велинский, 1979). Его *Пенжинская ветвь* протягивается в северо-восточном направлении от п-ва Тайгонос до мыса Валижген на 300 км и включает более 50 массивов. *Маметчинско-Куюльская ветвь* от Маметчинского полуострова через Понтонейские горы до среднего течения р. Ваеги включает 50 массивов, среди которых Куюльский является наиболее крупным (350 км²). **Хатырский пояс** в Корякии состоит из двух ветвей северо-восточного простирания. *Хатырская ветвь* располагается в бассейне р. Хатырки и прослеживается более чем на 100 км цепочками выходов мелких тел серпентинитов. *Пикасьваямская ветвь* представлена мелкими телами серпентинитов (серпентинитовый меланж).

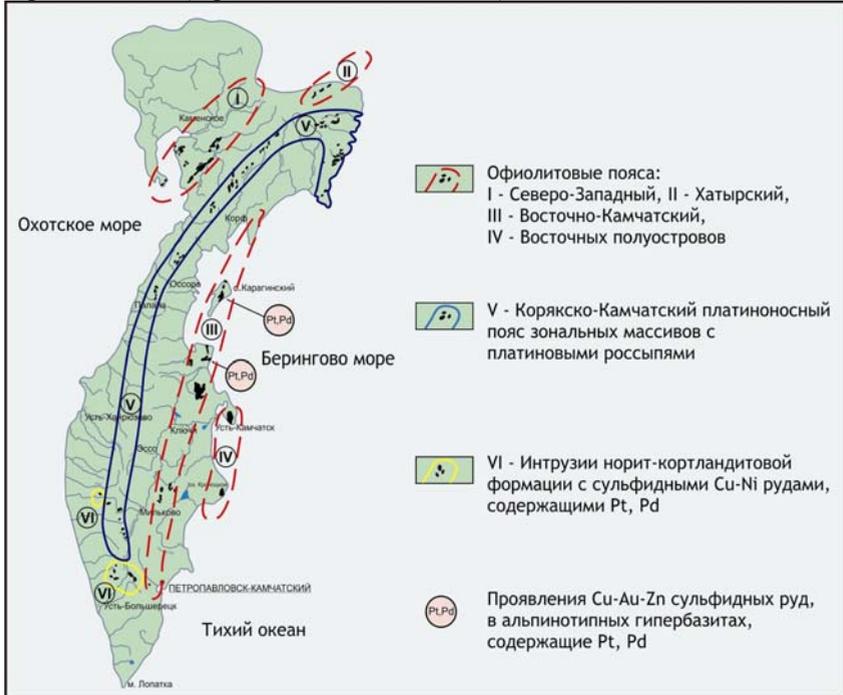


Рис. 1. Положение базит-гипербазитовых комплексов Корякско-Камчатского региона

Восточно-Камчатский пояс протягивается на 1000 км вдоль восточной окраины п-ова Камчатка от бухты Раковой до п-ова Говена. Его *Валагинско-Карагинская ветвь* прослеживается цепочками массивов в хребтах Валагинском, Тумрок, Кумроч (с Кротонским массивом), далее массивами гипербазитов п-ова Озерного, о. Карагинского и п-ова Говена. *Массивы ветви Восточных полуостровов* прослеживаются выходами гипербазитов на п-овах Кроноцкий и Камчатский Мыс. Эта ветвь часто рассматривается как самостоятельный пояс (Велинский, 1979), (Рис. 1). Массивы дунит-гарцбургитового состава с подчиненными лерцолитами, верлитами и пироксенитами, а также с ассоциирующими с ними габброиды в пределах Восточно-Камчатского пояса, объединены в карагинский плутонический комплекс (Государственная..., 2006).

Металлогеническая специализация массивов данной формации определяется многочисленными рудопроявлениями хромитов, золотоносных лиственитов и родингитов, а также сульфидных Cu-Zn-Co-Au руд с ЭПГ (Сидоров, 1988; Сидоров и др., 2006). К массивам приурочены многочисленные россыпные проявления золота, содержащие МПГ.

2.2. Габбро-клинопироксенит-дунитовая формация.

В пределах Корякско-Камчатского региона зональные массивы габбро-клинопироксенит-дунитовой формации образуют пояс, который протягивается в северо-восточном направлении от истоков р. Озерная Камчатка до бухты Наталии на 1400 км при ширине 30-50 км (Рис. 1). Пояс разбивается на группы платиноносных массивов: Ватынско-Вывенскую, Северо-Камчатскую и Центрально-Камчатскую, контролируемые глубинными разломами. Ватынско-Вывенская платиноносная зона совпадает с фронтальным сегментом Олюторской зоны в Южной Корьяки. Базит-гипербазитовые массивы в пределах этой зоны образуют узкий прерывистый пояс, протягивающийся на 500 км и включающий более 30 тел дунит-верлит-клинопироксенит-габбрового состава. По пространственному расположению массивы этого сегмента делятся на три группы: **Ветвейская** (Сейнав, Гальмознан) **Верхне-Вывенская** (Хаинконклав) и **Ватынская**, (Снеговой, Эпильчик, Итчайваям и Мачевна). Первые две группы объединяются в **Ветвейско-Вывенскую** группу массивов. К **Северо-Камчатской** группе относятся массивы, расположенные в бассейнах рек Пустой и Лесной. В **Центрально-Камчатскую** группу входят интрузии в бассейнах рек Филиппа, Левая Андриановка, Озерная Камчатка, Кунч и Евсейчиха. Массивы Северо- и Центрально-Камчатской групп объединены в левоандриановский комплекс (Государственная..., 2006).

Общие типоморфные особенности массивов габбро-клинопироксенит-дунитовой формации: (1) ассоциация дунитов, верлитов, оливиновых и магнетит-амфиболовых клинопироксенитов, горнблендитов и габбро; ортопироксеновые разности пород отсутствуют; переходы между породами постепенные; (2) для большинства тел характерна тенденция концентрически зонального строения с дунитами в центральной, клинопироксенитами и габброидами - в краевых частях; (3) хромиты образуют в дунитах различные по морфологии маломощные тела, к которым приурочены максимальные концентрации Pt. Контакты массивов с вмещающими породами - интрузивные. С массивами данной формации связаны россыпные и коренные месторождения платины, а также титаномагнетитовая минерализация, приуроченная к апикальным частям массивов, сложенным клинопироксенитами.

2.3. Норит-кортландитовая формация.

Расслоенные интрузии, представленные как крупными телами (до 30 км²), так и силлами, вмещающими сульфидные медно-никелевые руды с ЭПГ, приуроченные к Срединно-Камчатскому метаморфическому массиву, относятся к норит-кортландитовой формации. Все они имеют сходное геологическое строение и единый ряд слагающих их пород: амфиболовые перидотиты (кортландиты), ортопироксениты, нориты, габбро-нориты, габбро, при значительном преобладании ортопироксеновых габброидов. Образование этой формации объединяются в дуковский комплекс, к которому относятся массивы Дукук, Кувалорог, Шануч, Квинум, Кортландитовый и Тундровый. Расслоенность массивов выражается в закономерной смене ультраосновных пород основными, в повышении железистости и кальциевости главных породообразующих минералов и увеличении роли альбитового компонента в плагиоклазах вверх по разрезу пластинообразных массивов. Кортландиты образуют небольшие тела внутри норитовых массивов и дайкообразные тела во вмещающих породах. К массивам данной формации приурочены месторождения и проявления Cu-Ni руд, содержащие ЭПГ и Au.

2.4. Геохронологическая типизация базит-гипербазитовых комплексов.

В пределах Северо-Западного пояса возраст большей части офиолитов принимается как позднеюрский-раннемеловой (Объяснительная..., 2000). Гипербазиты Хатырского пояса также датируются как позднеюрские-раннемеловые (Велинский, 1979; Разумный и др., 1998). Датировки пород по валовым пробам из

гипербазитового массива п-ова Камчатский Мыс (Ланда и др., 2002) указывают на их позднемеловой возраст (93-78 млн. лет). Определения U-Pb (SHRIMP) методом по цирконам из амфиболитов метаморфической подошвы в основании этого же массива свидетельствуют о том, что метаморфизм этих пород произошел в позднем мелу в интервале 81.4 ± 9.6 млн. лет (Сидоров и др., 2005). В южной части Восточно-Камчатского пояса гипербазитовый массив Каменистый в Ганальском хребте, датированный U-Pb (SHIMP) методом по цирконам, имеет возраст 85 ± 2 млн. лет (Сидоров, Осипенко, 2008). Таким образом, в пределах Корякско-Камчатского региона отмечается тенденция омоложения офиолитовых поясов с запада на восток, в сторону океана.

Полученный нами $^{40}\text{Ar}/^{39}\text{Ar}$ методом радиологический возраст габброидов Сейнавского и Гальмознанского зональных массивов и вмещающих их андезитбазальтов ачайваямской свиты составил 71-75 млн. лет. Для этих же массивов другими авторами получены отличающиеся датировки (84-101 млн. л.) (Корякско-Камчатский..., 2002). Возраст зональных массивов Северо-Камчатской группы по немногочисленным K-Ar определениям находится в диапазоне 76-96 млн. лет (Корякско-Камчатский..., 2002), а возраст габбро-монцонита из этой группы массивов на основании трекового датирования по апатиту определяется как 79.0 и 66.6 млн. лет (Соловьев, 2004). Массивы левоандриановского комплекса Центрально-Камчатской группы определены как позднемеловые-раннепалеогеновые. Определения их радиологического возраста K-Ar методом варьируют в пределах 52-86 млн. лет с преобладающими значениями в 65-67 млн. лет. Аналогичные датировки этих ультрамафитов получены нами по изохронам Sm-Nd и Rb-Sr (Ланда и др., 2002), с которыми согласуются результаты определения возраста сиенитовых интрузий левоандриановского комплекса (63.0 ± 0.6 и 70.4 ± 0.4 млн. лет), полученные методом трековых датировок по цирконам (Хоуриган и др., 2004). Полученные U-Pb (SHIMP) определения по цирконам из ортоклазовых метасоматитов массива Кирганик соответствуют возрасту около 60 млн. лет - времени завершения формирования левоандриановского комплекса.

Проведенные нами геохронологические исследования $^{40}\text{Ar}/^{39}\text{Ar}$, U-Pb, Sm-Nd и Rb-Sr методами позволили получить более точные датировки норит-кортландитовых интрузий дукукского комплекса. Возраст Дукукского массива соответствуют 68 млн. лет (Ланда и др., 2002). Интрузии дукукского комплекса разбиваются на два возрастных диапазона: одна группа интрузий соответствуют возрасту 49,8-53 млн. лет, а другая - 84,3 млн. лет (Bundtzen et al., 2004). Возраст

Куварологического массива по биотиту и амфиболу из габбро определяется как $57,3 \pm 0,8$ млн. лет, а по цирконам - $50,8 \pm 1,4$ млн. лет, что соответствует началу эоценовой эпохи палеогенового периода (Конников и др., 2006). Возраст интрузии Шануч соответствует $49,8 \pm 0,3$ млн.лет или началу эоцена (Buntzen et al., 2003). U-Pb определения по цирконам подтвердили присутствие в составе дукукского комплекса двух разновозрастных одноформационных групп пород поздне мелового (78 ± 2 млн. лет) и эоценового (48 ± 3 млн. лет) периода (Государственная..., 2006).

В соавторстве с коллегами и лично автором получено 88 датировок массивов различных формационных типов. Полученные данные позволяют сделать вывод, что в пределах Корякско-Камчатского региона присутствуют три закономерно ориентированных в пространстве, близких по времени образования, разноформационных типа базит-гипербазитовых комплексов (Рис.2), последовательное формирование которых связано, скорее всего, с глобальным проявлением мантийной активности в пределах всего Тихоокеанского пояса.

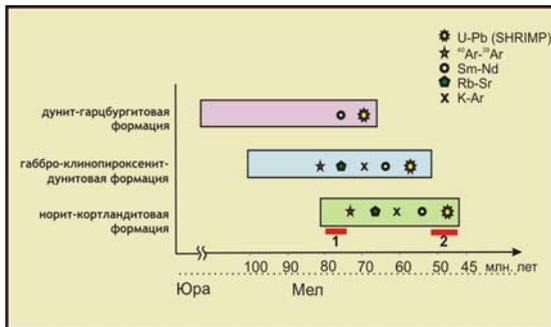


Рис. 2. Результаты изотопно-геохронологических исследований базит-гипербазитовых комплексов Корякско-Камчатского региона. 1 и 2 - возрастные группы интрузий норит-кортландитовой формации

Глава 3. ПЛАТИНОНОСНОСТЬ МАССИВОВ ДУНИТ-ГАРЦБУРГИТОВОЙ ФОРМАЦИИ

Платиноносность базит-гипербазитовых массивов рассматривается на примере типичных (эталонных) объектов для каждого из офиолитовых поясов. Единственной выявленной формой концентрирования ЭПГ в массивах дунит-гарцбургитовой формации является минеральная форма, представленная акцессорной вкрапленностью в ультраосновных породах. Изучение типоморфных особенностей МПГ из россыпей, приуроченных к базит-гипербазитовым комплексам, является наиболее информативным для понимания их генезиса.

3.1. Северо-западный пояс. Полуостров Валижген

Суммарное содержание ЭПГ в породах и хромитовых рудах гипербазитовых массивов п-ова Валижген в редких случаях достигает

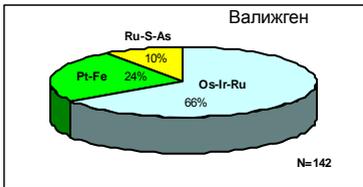


Рис. 3. Соотношение МПГ в россыпях, связанных с гипербазитами п-ва Валижген.

N – число исследованных зерен

0.7 г/т, что затрудняет выявление коренной минерализации МПГ, тогда как минеральные ассоциации в россыпях позволяют получить генетическую информацию. В выборке шлихов из аллювия рек, дренирующих коренные породы, преобладают Os-Ir-Ru сплавы, относящиеся ко всем минеральным видам в этой системе (Рис. 4), тогда как Pt-Fe сплавы составляют около 25 % (Рис. 3). **Os-Ir-Ru сплавы** представлены всеми минеральными видами системы: осмием, рутением, рутениридосмином и иридием. Характерной особенностью Os-Ir-Ru сплавов является зональность зерен с обогащением их краевых частей

Ru. **Pt-Fe сплавы** представлены изоферроплатиной и железистой платиной, для которых характерна примесь Ir до 7.2 мас.%. Выявлено два вида равновесных сростаний (парагенезисов): осмия с иридием и рутенистого осмия с изоферроплатиной. В матрице Os-Ir-Ru сплавов встречаются включения Pt-Fe сплавов, а также

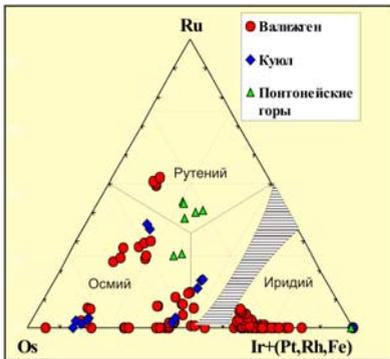


Рис. 4. Состав Os-Ir-Ru сплавов из шлиховых ореолов Северо-Западного пояса

иррасит, лаурит, эрликманит, холлингвортит и куперит. К типоморфным признакам, характеризующим минеральную ассоциацию МПГ, связанную с офиолитами п-ва Валижген, относятся: (1) значительная доля Pt-Fe сплавов, сульфидов и сульфоарсенидов в выборке МПГ; (2) неоднородность состава большинства зерен Os-Ir-Ru сплавов, их

пятнистая зональность, свидетельствующая о неравновесных условиях образования; (3) рутениевый тренд составов Os-Ir-Ru сплавов слабо выражен; (4) наличие двух типов парагенезисов: осмий-иридиевого и изоферроплатино-осмиевого. Совокупность этих признаков свидетельствует о развитии парагенезисов МПГ в неравновесных для них условиях, что может реализовываться в дунит-ортопироксенит-хромитовую стадию. Породы, формирующиеся в этой стадии и преобладающие среди гипербазитов полуострова, формировались в условиях относительно пониженных давлений и повышенной фугитивности кислорода (Осипенко и др., 2002). Условия формирования кумулятивных пород контролируют неравновесность составов Os-Ir-Ru сплавов с зональной структурой, не характерных для типичных представителей реститовых офиолитов.

3.2. Хатырский пояс

Исследования МПГ из аллювиальных отложений *реки Пикасьваям* которые размывают серию небольших серпентинизированных тел гипербазитов, показало, что они на 95% состоят из Os-Ir-Ru сплавов с незначительной долей Pt-Fe сплавов (Рис. 5).

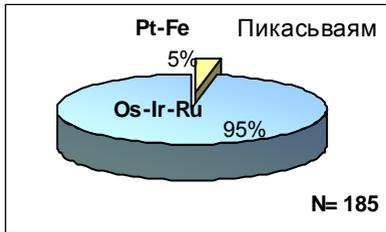
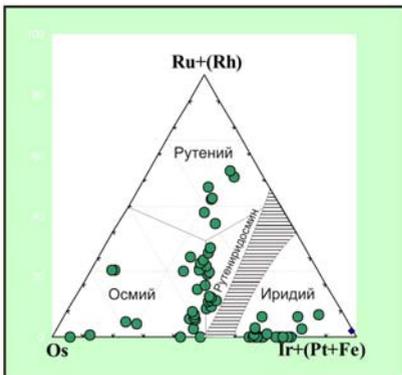


Рис. 5. Соотношение МПГ в россыпях, Хатырского пояса. N – число исследованных зерен



Os-Ir-Ru сплавы представлены осмием, рутением, иридием и рутениридосмином. Концентрация Ru в Os-Ir-Ru сплавах достигает более 60 ат% с формированием рутениевого тренда составов (Рис. 6).

Рис. 6. Состав Os-Ir-Ru сплавов из россыпей Хатырского пояса.

Коэффициент распределения Ru между осмием и иридием (K_D Ru) является постоянным, что

свидетельствует о равновесных условиях формирования магматических парагенезисов, и в среднем составляет 1.4. **Pt-Fe сплавы** по составу относятся к изоферроплатине и железистой платине. Их отличает повышенная концентрация Ni (до 5.31 мас. %); в качестве примесей присутствуют Ir и Rh. Лаурит и купроиридсит находятся в виде включений в изоферроплатине, а ирарсит - в Os-Ir-Ru сплавах. Обнаружена неназванная фаза состава Ni_2FeIr , не имеющая природных и синтетических аналогов. Ассоциация минералов ЭПГ, относящаяся к Хатырскому офиолитовому поясу, обладает следующими типоморфными признаками: (1) преобладание Os-Ir-Ru сплавов в россыпи; (2) отчетливый рутениевый тренд их составов; (3) постоянный коэффициент распределения между осмием и иридием; (4) гексагональные пустоты в осмии, заполненные иридовой изоферроплатиной; (6) проявление типичного для офиолитов изоферроплатино-рутениевого парагенезиса. Отсутствие гидротермальных парагенезисов с участием S и As, а также вторичных сплавов свидетельствует о слабой постмагматической деятельности или ее отсутствии, что характерно для истощенных мантийных источников.

3.3. Восточно-Камчатский пояс. Полуостров Камчатский Мыс

В гипербазитовом массиве п-ва Камчатский Мыс установлены повышенные концентрации ЭПГ (Pt - до 0,9 г/т, Pd - до 0,4 г/т). Но среди МПГ из шлиховых концентратов из реки Ольховая-1, размывающей этот

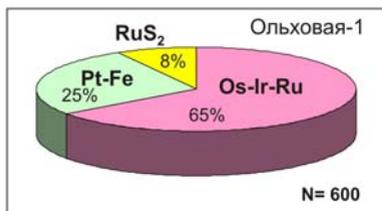
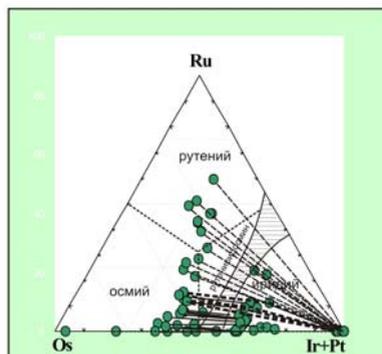


Рис. 7. Соотношение МПГ в шлиховом ореоле реки Ольховая-1, связанном с гипербазитами п-ва Камчатский Мыс

массив преобладают Os-Ir-Ru сплавы (65%), Pt-Fe сплавы составляют 25%, в выборке присутствует лаурит (Рис. 7); остальные минералы находятся во включениях или в сростании с **Os-Ir-Ru сплавами**,



которые представлены осмием, иридием, рутением и рутениридосмином (Рис. 7). Точки составов расположены в виде

Рис. 8. Состав Os-Ir-Ru сплавов из офиолитов п-ва Камчатский мыс. Линиями соединены составы парагенезисов: прямой линией – осмий-иридиевый, пунктирной – изоферроплатино-рутениевый.

рутениевого тренда. Концентрация Ru в сплавах достигает 63 ат. %. Некоторые сплавы обогащены Pt, Rh, Fe и Ni. **Pt-Fe сплавы** широко варьируют по концентрации Fe. Среди изоморфных примесей в них отмечаются Os, Ir, Rh и Pd, причем концентрация Ir достигает 12.5 мас. %. Тетраферроплатина, туламинит и ферроникельплатина образуют каймы замещения по первичным Pt-Fe сплавам и часто находятся в ассоциации с серпентином, что свидетельствует об активном участии серпентинизирующих растворов в преобразовании изоферроплатины. Среди вторичных минералов встречаются пористые агрегаты **Os-Ir-Fe, Ru-Fe и Ir-Fe-Rh**, характеризующиеся недостатком аналитической суммы, которые образуют каймы и псевдоморфозы по сульфидам ЭПГ. **Лаурит** встречается в виде самостоятельных зерен в россыпи и в качестве включений в Os-Ir-Ru сплавах, имеет различную морфологию. Составы лаурита формируют изоморфный ряд (RuS_2-OsS_2) до 50 мол.% эрликманитовой составляющей. В ассоциации с лауритом встречаются **ирарсит, сперрилит, куперит** и твердые растворы **ирарсит-лаурит** (Ru, Os, Ir)(S, As)₂, которые развиваются по железистой платине. Во включениях в Pt-Fe сплавах обнаружены **кейтконит Pd₃Te, Au-Pt-Pd сплавы, Pd₃S и Pd₃(As, Te)**. Для исследуемой ассоциации характерны следующие типоморфные признаки: (1) рутениевый тренд составов гексагональных сплавов; (2) два парагенезиса: осмий-иридиевый с $K_D Ru=1.4$ для всех пар сростаний и изоферроплатино-рутениевый (Рис. 8, 9); (3) значительная доля Pt-Fe сплавов в выборке; (4) активное гидротермально-метасоматическое изменение минерального состава первичных МПГ.

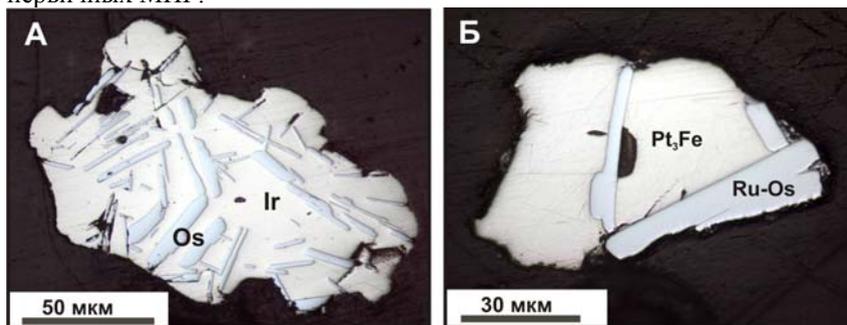


Рис. 9. Магматические парагенезисы МПГ в массивах дунит-гарцбургитовой формации: А – осмий-иридиевый; Б – изоферроплатино-рутениевый

3.4. Последовательность формирования МПГ в массивах дунит-гарцбургитовой формации

Формирование МПГ парагенезисов происходило многостадийно. Из металлической составляющей ультраосновного субстрата, содержащего Os, Ir, Ru, Pt, Pd, Rh, Fe, Ni, первым кристаллизуется иридий осмий, позднее - иридий, которые вместе образуют ранний осмий-иридиевый парагенезис (Рис. 9 А). В ходе кристаллизации этих двух фаз остаточный металлоносный расплав и формирующиеся твердые фазы насыщаются Ru, слагая рутениевый тренд составов на диаграмме Os – Ru – (Ir+Pt). Эволюция рудообразующего процесса приводит к кристаллизации изоферроплатины, находящейся в сростании с рутением или рутенистым осмием (Tolstyykh et al., 2005). Формирование парагенезисов сопровождаются образованием лаурита (Рис. 9 Б). Остаточная жидкость, обогащенная Pt и Fe, заполняет пустоты в ранее сформированных кристаллах осмия и иридия с образованием негативных кристаллов изоферроплатины. Дальнейшая эволюция платиновой минерализации связана с процессами серпентинизации ультраосновных пород. Серпентинизирующие флюиды, обогащенные Fe и Cu, преобразовывают Pt-Fe сплавы до тетраферроплатины, ферроникельплатины и туламинита. Появление S и As в этих растворах приводит к частичному перераспределению металлов платиновой группы, образованию сульфидов и сульфоарсенидов ЭПГ, которые локализируются в пустотах первичных минералов и в их межзерновом пространстве.

3.5. Платиносодержащие сульфидные руды в гипербазитах дунит-гарцбургитовой формации

В пределах Восточной Камчатки на о. Карагинском, п-вах Озерном и Кроноцком известны рудопроявления сульфидных руд с ЭПГ и золотом, приуроченные к гипербазитовым массивам дунит-гарцбургитовой формации. Установлено, что сульфидные рудопроявления существенно обогащены ЭПГ, Au, Ag, что позволяет выделить их в самостоятельный тип. На **о. Карагинском** выявлено три рудопроявления: *Монолитное, Маркеловское и Железное*, расположенные в серпентинизированных гипербазитах, сульфидные руды которых содержат Cu до 17%, Zn до 5.2% Au до 4 и Ag до 37, Pt 0.5 и Pd 1.5 (г/т). На **п-ове Озерном** выявлено рудопроявление *Рыцарь* с двумя зонами вкрапленных и массивных руд с содержаниями Cu до 5%, Zn до 1.2%, Au до 80 г/т, Pt-0.4 г/т, Pd-0.7 г/т. На **п-ве Кроноцком** гипербазитовый массив также содержит медную минерализацию с содержанием Cu до 11%, Zn до 0.15% и повышенной концентрацией Au. В сульфидном борнит-халькозиновом рудопроявлении гипербазитов

бухты **Раковой**, содержание Au достигает 7.0, Pt - 0.8, Pd - 1, Ag - 15.9 (г/т). Минеральный состав руд представлен сульфидами и сульфоарсенидами Ni, Co, Fe, Zn и Cu. Для каждого отдельного рудопроявления характерны свои преобладающие ассоциации. Минерализация о. Карагинского и п-ва Озерного является преимущественно пирротин-халькопиритового состава. В гипербазитах п-ва Кроноцкого сульфидная минерализация образована пентландит-халькопиритовой, кобальтин-кубанит-халькопиритовой и сфалерит-борнит-халькопиритовой ассоциациями. Руды массива бухты Раковой имеют халькозин-борнитовый состав. Для всех рудопоявлений характерны высокие содержания Cu, Zn; содержание Ni не превышает 1%. Рудопоявления, установленные в пределах гипербазитовых массивов, характеризуются общей структурно-геологической позицией. Все они приурочены к наиболее серпентинизированным частям гипербазитов и тяготеют к их лежащим контактам, образуя линейно вытянутые зоны, контролируемые тектоническими нарушениями, в пределах которых создаются условия для миграции флюидов, содержащих рудные компоненты. Сульфидные рудопоявления являются эпигенетическими по отношению к вмещающим их гипербазитам. Рудоотложение носило многостадийный характер, связанный с тектоническими подвижками и многократным поступлением рудоносных растворов.

Глава 4. ПЛАТИНОНОСНОСТЬ МАССИВОВ ГАББРО-КЛИНОПИРОКСЕНИТ-ДУНИТОВОЙ ФОРМАЦИИ

4.1. Платиноносность Гальмознанского массива

Гальмознанский массив является эталонным представителем габбро-клинопироксенит-дунитовой формации. Идеальная обнаженность, свежесть слагающих его пород и наличие большого количества коренных проявлений платины делают его прекрасным полигоном для решения многих проблем петрологии и рудоносности массивов данной формации. Среди пород, слагающих массив, 90% приходится на долю ультраосновных, которые представлены дунитами, верлитами, оливиновыми или магнетитовыми клинопироксенитами. Дуниты слагают ядро массива, вытянутое в северо-восточном направлении. Верлиты и клинопироксениты в плане образуют прерывистую оторочку ядра, более мощную в северной его части. Внешняя оторочка сложена незначительными по мощности прерывистыми линзовидными телами габбро. Дуниты различаются размерами слагающих их зерен оливина и представлены мелко-, средне-, крупно- и гиганто-зернистыми

разностями. По данным О.К. Иванова (1997) их образование связано с процессами перекристаллизации в ходе становления массива. Для центральной части массива характерно чередование полос и линз дунитов различной зернистости и переменной мощности, в которых установлены максимальные содержания платины. Отмечается зональность в расположении петрографических типов дунитов, аналогичная той, которая описана для Нижнетагильского массива (Иванов, 1997). Она сопровождается зональностью химического состава оливина, от наиболее магнезиального ($Fe_{0.92}$) в крупнозернистых перекристаллизованных дунитах центральной части ядра к наименее магнезиальному ($Fe_{0.80-82}$) – в его периферических частях. Дуниты содержат рассеянную вкрапленность хромшпинелидов, а также шлиры, линзы и прожилки хромитов, количество которых увеличивается к центральной части массива. В связи с этим, выделяются различные морфологические типы рудных хромитов: шлировые, жилные, прожилковые и вкрапленные. Максимальная мощность рудных тел не превышает 30 см. Они прослеживаются по простиранию не более чем на 2-3 м с резкими или расплывчатыми границами. Хромшпинелиды относятся к изоморфному ряду хромит–хромпикотит–феррихромит–хроммагнетит (Сидоров и др., 2004) и соответствуют хромшпинелидам из зональных комплексов урало-алаянского типа (Irvine, 1967; Dick, Bullen, 1984; Иванов, 1997; Козлов, 2000). Коренная платиновая минерализация приурочена как к выделениям хромитов, так и к дунитам. Существенные ореолы Pt и Pd выявлены в средне- и крупнозернистых дунитах, вмещающих многочисленные, но незначительные по размерам хромититовые тела. В южной части массива выделено несколько линейно ориентированных ореолов Pt, расположенных параллельно друг другу, в которых содержания ее достигают десятков и сотен г/т.

МПП распределены неравномерно, образуя гнездообразные выделения, максимальный размер которых достигает 2 см в диаметре. Проведенные исследования рудных зон показали рентабельность их отработки (Козлов, 2007; Козлов, Чантурия, 2009). Основным минералом коренных проявлений является изоферроплатина (90-95%), все остальные минералы редко образуют самостоятельные зерна и встречаются в виде включений или кайм замещения. Изоферроплатина в центральной части массива характеризуется повышенными содержаниям Ir (до 12 мас.%), тогда как в периферических частях Fe-Pt сплавы обогащены Fe и примесями Rh и Pd. Os-Ir-Ru сплавы представлены включениями осмия в Pt-Fe матрице в виде тонких пластинок и таблитчатых кристаллов (изоферроплатино-осмиевый

парагенезис) и иридия в структурах распада в ней (изоферроплатино-иридиевый парагенезис) (Рис. 10 А, Б) Первый парагенезис характерен для краевых частей, а второй наиболее типичен для центральной части массива. Os-Ir-Ru сплавы характеризуются низкой (2.8 мас.%) концентрацией Ru.

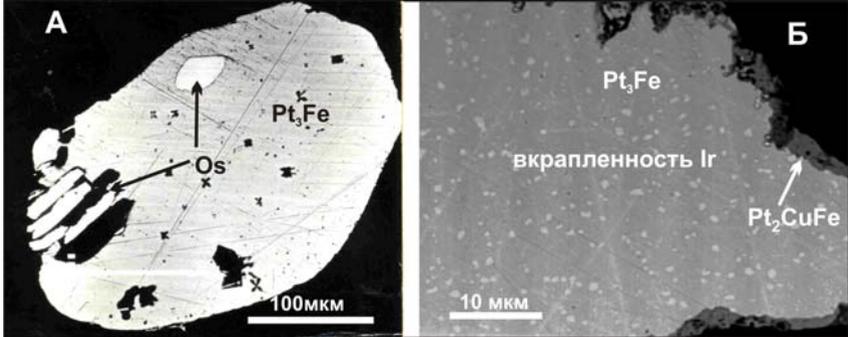


Рис. 10. Магматические парагенезисы МПП в массивах габбро-клинопироксенит-дунитовой формации: А – изоферроплатино-осмиевый; Б – изоферроплатино-иридиевый (структура распада Pt-Ir твердого раствора); по краю зерна замещение туламинитом.

С массивом связаны россыпные месторождения платины, наиболее крупными из которых являются россыпи р. Левтериниваям и руч. Ледяного, эксплуатируемые с 1992 года. В россыпи реки Левтериниваям, дренирующей восточный контакт Гальмознанского массива, в среднем содержится 1.1 г/м^3 шлиховой платины, которая относится к тонкому и мелкому классам. Россыпь ручья Ледяного и его притоков Осень и Сентябрь сформирована за счет дренирования южного и юго-восточного участков. В россыпь ручья Пенистого шлиховая платина попадает с западного склона массива Гальмознан. Кристаллы изоферроплатины чаще встречаются в тонких фракциях шлихов (менее 0.5 мм). Более крупная фракция представлена неправильными и уплощенными зернами и микроагрегатами (сращения ее с хромитом) до 2 мм; отмечались самородки платины до 1.2 кг. По мере удаления от массива в россыпях наблюдается увеличение окатанности и уменьшение размера зерен. В коренных рудах и в россыпях в настоящее время выявлено 28 минеральных видов и 23 названные фазы. Pt-Fe сплавы включают осмий, иридий, лаурит, эрлихманит, сперрилит, сульфосениты ЭПГ и др. более редкие МПП. Если для коренных руд характерны составы, близкие к изоферроплатине Pt_3Fe , то в россыпи

реки Левтыриниваям преобладает железистая платина. Вторичные ***Pt-Fe-Cu сплавы*** представлены изоморфной серией тетраферраплатинатуламинит, которые образуют каймы замещения по Pt_3Fe и тесно срastaются со сперрилитом и сульфоарсенидами $IrAsS-RhAsS$.

Минеральные парагенезисы и концентрация примесей в Pt-Fe сплавах варьируют в различных россыпях: в россыпи ручья Ледяного и в коренных рудах преобладает примесь Ir, распространен изоферроплатино-иридиевый парагенезис и сульфиды Ir; в ручье Пенистом присутствуют Rh-Ir-Pd-содержащие Pt-Fe сплавы, а в россыпи р. Левтыриниваям в Pt-Fe сплавах преобладает примесь Pd, часто встречается изоферроплатино-осмиевый парагенезис и характерны сульфиды Rh. Лаурит-эрлихманит RuS_2-OsS_2 встречаются во всех россыпях. Минеральные ассоциации в россыпях отражают парагенезисы МПГ дренируемых водотоками коренных пород. В наиболее удаленных участках россыпи р. Левтыриниваям шлиховая платина отражает условия ее образования в апикальных частях эродированных горизонтов Гальмознанского массива, которые были сложены мелкозернистыми дунитами и пироксенитами, тогда как в ручьях, непосредственно размывающих крупнозернистые дуниты, вмещающие коренные хромитовые руды, платина соответствует дунитам глубоких горизонтов внутреннего ядра массива. Установлено, что наиболее удаленная от коренного источника платина является Rh- и Pd-содержащей, обогащена Fe и включает множество осмиевых минералов (осмий самородный, OsS_2 , $OsAsS$), тогда как парагенезисы из пород глубоких горизонтов ядра и в россыпях ближнего сноса представлены, преимущественно, Ir-содержащей изоферроплатиной и самородным иридием. Смена парагенезисов отражает вертикальный минералого-геохимический тренд зональных массивов.

4.2. Особенности формирования платиновой минерализации Гальмознанского массива

Исследования минеральных парагенезисов в коренных рудопроявлениях платины Гальмознанского массива свидетельствует о значительном участии флюидов в рудообразующем процессе. Состав флюида отвечает хлоридно-углекислотно-водному с преобладанием в составе газов H_2 , CO_2 , CH_4 (Толмачева и др., 1999). Наличие Cl в составе флюида и участие его в процессах минералообразования подтверждается находками хлоридов платины, а также широким распространением в рудных зонах Cl-содержащих серпентина и хлорита. Концентрация Cl в дунитах достигает 0.05 мас.%. Участие карбонильных соединений во флюиде подтверждаются находками графита в срastании с платиной.

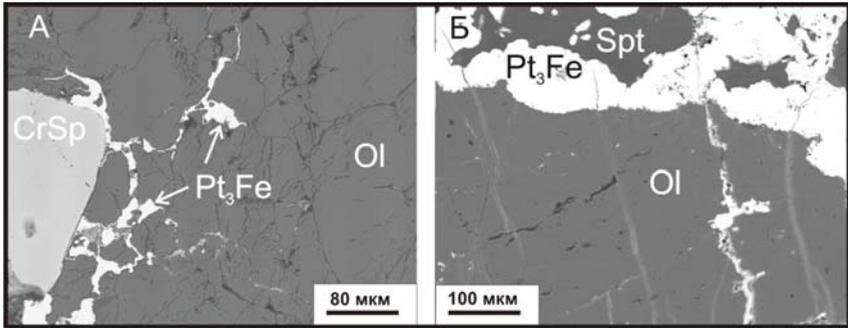


Рис. 11. Отложение платины по трещинам в оливине и на контакте с хромшпинелидом (А); две генерации платины - секущие параллельные микротрещины и каналы выполнены вторичной платиной (Б)

Платиноносные дуниты не подвержены площадной серпентинизации; серпентин в парагенезисе с Pt-Fe сплавами (Рис. 11 А, 12 А) отмечается только в тонких прожилках, порах и каналах мощностью до 1 см и протяженностью до нескольких см. Он образует тончайшие прослойки между зернами хромшпинелидов и выделениями платины, обволакивая ее. Серпентин и хлорит являются аутометаморфическими и фиксируют пневматолито-гидротермальную стадию рудообразования. Полированная поверхность этих минералов покрыта хаотично расположенными кавернами, порами 0.5-5 мкм, слагающими цепочки и каналы, полые или заполненные серпентином. Эти каналы часто имеют закономерную субпараллельную ориентировку, часто группируются в линейные системы с образованием футлярообразных полостей. Внутри трещин и каналов присутствуют вторичные Pt-Fe сплавы (Рис. 11 Б), а также аварунит, вайраунит, пирит, халькопирит, пентландит, пористый магнетит, хизлевудит, арсениды Ni, Fe, Co, никелин, герсдорфит, шандит, сфалерит, соединения CuSbS₂, HgTe, Ni₃Fe, Cu₂Zn, сплавы Fe-Co, Zn-Fe-Ni, Fe-Ir и Fe-Rh – минералы, кристаллизующиеся из серпентинизирующих растворов. В составе серпентина, находящегося в парагенезисе с этими минералами, установлены микропримеси рудных элементов: Cu, Ni, Fe, Zn, Co, Au, In, Bi, Hg и др., которые характеризуют состав серпентинизирующих растворов. Переотложенная вторичная платина и туламинит переоткладываются на стенках каналов в виде тонких пленок (Рис. 12 Б).

В этих же каналах, а также в межзерновом пространстве отмечаются пористые образования $Pt(Cl,OH)$, $(Pt,Ni,Cu,Fe)(S,OH,Cl)$ и оксихлориды Fe, что свидетельствует о роли хлоридных комплексов при преобразовании магматических парагенезисов МПГ. Изоферроплатина внутри серпентиновых прожилков часто замещена последующими туламинитом, сперрилитом. Присутствуют характерные ажурные или скелетные структуры новообразованных фаз с реликтами первичных

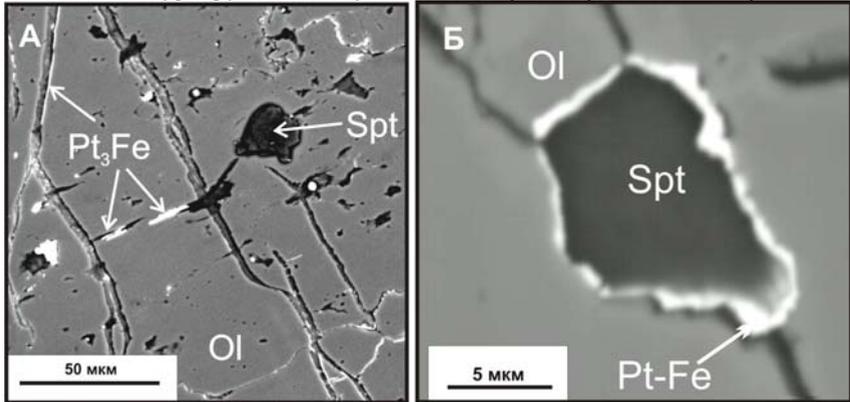


Рис. 12. Поры и каналы в оливине, заполненные серпентином и Pt-Fe сплавами (А) и отложение поздней платины на стенках каналов (Б).

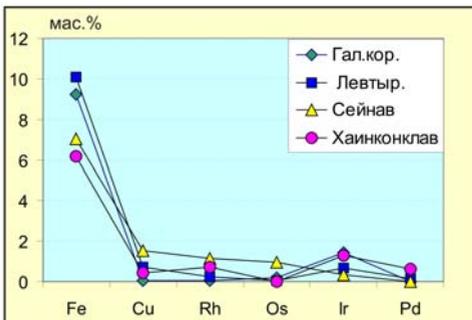
платино-железистых сплавов. В расплавах, из которых формируются зональные габбро-клинопироксенит-дунитовые интрузии, ЭПГ находятся в рассеянном состоянии и их отложение происходит в виде самородных форм (ранние магматические парагенезисы). При кристаллизации силикатного расплава, оставшаяся часть рудных компонентов накапливается в богатом летучими компонентами остаточном расплаве. Дальнейшие процессы образования МПГ происходят при участии флюидной и газовой фаз. Понижение давления и температуры приводило к вскипанию флюидной фазы, что обусловило микровзрывные процессы с образованием микробрекций, к гидратации минералов, увеличению объема пород, усилению напряжений, в результате которых образовывались трещины и поры в минералах, по которым впоследствии просачивались рудоносные растворы. Автосерпентинизация сопровождала процессы переотложения первичных МПГ в порах и каналах. Реакции окисления флюида, происходящие с повышением температуры, являлись причиной

повторных подплавлений, образования дополнительных порций расплава и дополнительных микровзрывных процессов с новой волной минералообразования. Процесс миграции флюидов был длительным и многостадийным, что сказалось на составе микропарагенезисов внутри серпентиновых прожилков. При воздействии растворов на первичные Pt-Fe сплавы происходит образование туламинита в виде кайм замещения. При этом часть Pt уходит в раствор и переотлагается в ближайших тончайших каналах, которые в дальнейшем подвергаются воздействию новыми порциями As-содержащих растворов, что приводит к образованию сперрилита по Pt-Fe-Cu сплавам. Растворы, содержащие S, приводят к образованию сфалерита, пирротина, хезлиудита, шандита. На более поздних стадиях эти минералы подвергаются воздействию восстановительными растворами, которые восстанавливают сульфиды до самородных сплавов (вайрауита, самородного железа, цинка, висмута, меди), среди которых преобладает аваруит Ni_3Fe . Образование аваруита и вайрауита является наиболее значимым и широко проявленным процессом перераспределения Ni при серпентинизации. Часть Ni, Co и ЭПГ остаются в серпентине в качестве реликтовой примеси. Выявлены серпентины, содержащие примеси до 5 мас.% Cl, до 27 мас.% Ni, до 14 мас.% Zn, до 5 мас.% Cu, до 0.5 мас.% Co и до 9 мас.% Pt. Эти элементы на постмагматической стадии принимали участие в формировании полигенного многостадийного оруденения Гальмознанского массива. В целом, процесс минералообразования главных МПГ эволюционировал по схеме: $Pt_3Fe \rightarrow Pt_2CuFe \rightarrow PtAs_2$; и параллельно: $(Ir-Os-Ru)+RuS_2 \rightarrow (Fe, Ir, Ru, Os) + (IrAsS) \rightarrow (Fe) + (Co, Fe)$.

4.3. Типоморфные особенности минералов платиновой группы в массивах габбро-клинопироксенит-дунитовой формации

4.3.1. Ветвейско-Вывенская группа массивов

Сравнение составов Pt-Fe сплавов Гальмознанского массива со сплавами из других массивов Ветвейско-Вывенской группы показывает,



что все они отличаются друг от друга по содержанию Fe и соотношению элементов-примесей. Для коренных руд

Рис. 13. Средние концентрации Fe и элементов примесей в Pt-Fe сплавах из Ветвейско-Вывенской группы массивов

Гальмоэнанского массива и россыпи реки Левтыриниваям характерны изоферроплатина и железистая платина (9-10 мас.% Fe), тогда как на Сейнавском массиве и в россыпи р. Хаинконклав распространена самородная платина (Рис. 13). Pt-Fe сплавы из массива Сейнав обогащены Cu, Rh и Os, из коренных руд Гальмоэнанна – Ir, а из россыпи р. Хаинконклав – Ir и Pd. Наложенная минерализация также различается. Если для Гальмоэнанского массива характерны вторичные тетраферроплатина–туламинит, а также сульфоарсениды ЭПГ и сперилит, то на Сейнавском массиве замещение Pt-Fe сплавов проявлены ограниченно. В целом, рудоформирующая система массива Сейнав с палладисто-родистой специализацией Pt-Fe сплавов является более низкотемпературной по сравнению с иридной специализацией массива Гальмоэнан.

4.3.2. Ватынская группа массивов

Коренные проявления МПГ в массиве Эпильчик, приуроченные к хромитовым обособлениям, представлены идиоморфными кристаллами изоферроплатины с пластинчатыми включениями осмия. Pt-Fe сплавы массивов Итчайваям и Мачевна имеют более низкую среднюю концентрацию Fe по

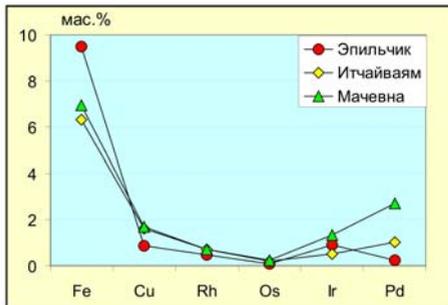


Рис. 14. Средние концентрации Fe и элементов примесей в Pt-Fe сплавах из массивов Ватынской группы

сравнению с таковыми из массива Эпильчик. Судя по концентрации примесей в Pt-Fe сплавах (Рис. 14) рудоформирующая система массива Итчайваям обогащена Pd и Rh и по сравнению с массивом Эпильчик, для которого характерны Ir-Rh сплавы. В россыпи, связанной с массивом Мачевна, также встречаются Pd-содержащие сплавы. Массивы Ватынской группы имеют сходство в распространении изоферроплатино-осмиевого парагенезиса, который характерен для апикальных частей Гальмоэнанского массива. Среди минералов включений во всех массивах Ватынской группы преобладает куперит, реже встречаются боуит-кашинит, лаурит, брэггит и холлингвортит. В массиве Итчайваям, наряду с Au-Ag сплавами установлены неназванные

Au-Pd-Hg-Ag соединения, состав которых изменяется от чистого золота до Au_2PdHg .

Процессы замещения изоферроплатины в массивах Ватынской группы происходили без участия Cu и обусловили широкое развитие кайм тетраферроплатины и более обогащенных Fe составов (Fe_3Pt). Малоуглубленные, с повышенной фугитивностью кислорода условия формирования этих массивов (Batanova, Astrakhantsev, 1994) явились причиной кристаллизации низко-железистой платины. Они формировались из фракционированного расплава (Johan et al., 1990) в гипабиссальных условиях.

4.3.3. Северо-Камчатская группа массивов.

Содержание ЭПГ в породах и рудах этой группы массивов достигают: Pt-0.84г/т и Pd-0.36 г/т. В шлиховом ареоле рек Пустая и Лесная, размывающих интрузии Северо-Камчатской группы, среди Pt-Fe сплавов преобладает самородная платина, обогащенная Pd (Рис. 15), концентрация которого в отдельных зернах достигает 9.52 мас.%. Включения в них также состоят из минералов Pd, что характерно для россыпей, связанных с апикальными частями массивов или для массивов, сформированных из фракционированных порций расплава. Зерна характеризуются обилием округлых в срезе полостей, часть из которых заполнена многофазными включениями сульфидных минералов. Эти полости являются результатом вскрытия газовых пузырей и свидетельствуют о газонасыщенности рудообразующего расплава. Платиновая ассоциация из массивов Северо-Камчатской

группы характеризуется многочисленными включениями поздних минералов МПГ.

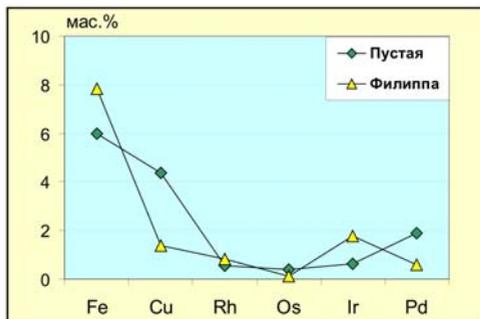


Рис. 15. Средние концентрации Fe и элементов примесей в Pt-Fe сплавах из массивов Северо- и Центрально-Камчатской групп

Куперит (PtS) является одним из наиболее распространенных минералов, замещающих Pt-Fe сплавы. Он образует сплошные или прерывистые каймы по платине и включения в ней. Брэггит, холлингвортит, платарсит, ирарсит и сперилит образуют

многочисленные включения в платине. Встречается Rh-содержащий сперриллит и твердые растворы холлингвортита и сперрилита $(Pt,Rh)(As,S)_2$. Обнаружены также кейтконит, неназванная фаза Pd_2Te , стибииопалладинит, родарсенит и неназванные Pt-Pd-Fe-Cu сульфиды с различной стехиометрией: $(Pt,Pd)_3S_2$, $(Pd,Cu,Pt)_3S$, $(Pt,Pd,Fe,Cu)_3S$, $(Cu,Fe,Pd,Pt,Rh,Ru)_9S_8$, $(Fe,Rh)_{1-x}S$. В платиновом концентрате обнаружено палладистое золото состава $Au_{0,69}Pd_{0,23}Cu_{0,08}$. Минеральная ассоциация в россыпях, связанных с массивами Северо-Камчатской группы, типична как для апикальных частей зональных интрузий.

4.3.4. Центрально-Камчатская группа массивов.

Массив Филиппа является типичным представителем этой группы. Обогащенность всех пород флогопитом указывает на значительную степень флюидонасыщенности исходного расплава. По данным опробования содержание ЭПГ в породах массива не превышает значений Pt-0.6 г/т, Pd-0.3 г/т. Видовой состав МПГ отличается от такового из ранее описанных россыпей и коренных проявлений. Наряду с Pt-Fe сплавами в шлихах присутствуют самостоятельные зерна самородного иридия или обогащенного иридием осмия. Pt-Fe сплавы соответствуют изоферроплатине со средней концентрацией Fe - 7.8 мас.%, и по сравнению с палладистой платиной из реки Пустая изоферроплатина массива Филиппа обогащена Ir (Рис. 15). Многочисленные сульфиды, арсениды и сульфоарсениды ЭПГ встречаются в виде мелких включений и неправильных выделений в изолированных пустотах или трещинках в Pt-Fe сплавах. Особую роль среди них играют тиошпинели ЭПГ широкого спектра составов. Постмагматические изменения характеризуются формированием кайм куперита и сперрилита по Pt-Fe сплавам. К неназванным фазам исследуемой ассоциации относятся соединения, замещающие сперрилит или развивающиеся по туламиниту: $IrAs(Sb,S)$, $Pt(As,Sb,S)$, $(Rh,Pt,Os,Fe)_2(S,As)_3$ и $(Fe,Cu)(Pd,Pt)_3(S,Sb,As)_3$, не имеющие синтетических и природных аналогов. Специфической особенностью рудогенерирующей системы массива Филиппа является его иридиевая специализация.

4.4. Составы Pt-Fe сплавов и минеральные парагенезисы как индикатор условий рудообразования

Во всех исследованных коренных проявлениях и россыпях, связанных с массивами габбро-клинопироксенит-дунитовой формации, преобладают Pt-Fe сплавы, что отличает эти массивы от гипербазитов дунит-гарцбургитовой формации. Соотношение Pt и Fe в сплавах широко варьирует от самородной платины до железистой платины (Рис. 16). Так как железистость сплавов является показателем окислительно-

восстановительных условий среды рудообразования (Roeder, Jamieson, 1992; Некрасов и др., 1994; Amosse, 2000) то можно сказать, что обогащенные Fe сплавы формируются при более низкой фугитивности кислорода. Самородная платина из массивов Хаинконклав, Итчайваям, Мачевна, а также из коренных источников россыпей рек Лесная и Пустая сформированы при повышенной фугитивности кислорода в менее глубинных условиях, чем массивы Сейнав, Филиппа, Эпильчик и Гальмоэнан. Вторая группа массивов имеет в своем составе дунитовую составляющую по сравнению с первой группой, и Pt-Fe сплавы из дунитов, как правило, соответствуют изоферроплатине и железистой платине.

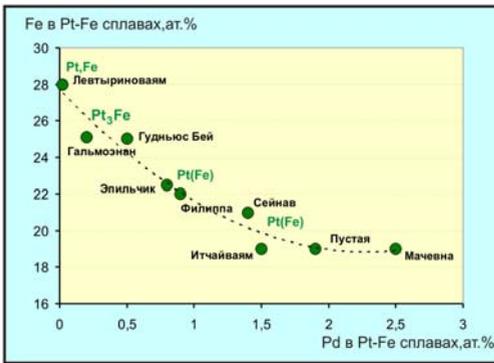


Рис. 16. Изменение средних концентраций Fe и Pd в Pt-Fe сплавах в массивах габбро-клинопироксенит-дунитовой формации

Элементы-примеси в Pt-Fe сплавах широко варьируют, и с понижением температуры состав их изменяется от иридийских к иридий-родистым, далее к родистым, родисто-палладистым и, наконец, палладистым (Slansky et al., 1991), что обусловлено общим фракционированием ЭПГ в рудоформирующей системе. Составы Pt-Fe сплавов из массивов Гальмоэнан, Эпильчик, Филиппа и Хаинконклав обогащены Ir, сплавы Сейнавского массива обогащены Rh, в то время как Pt-Fe сплавы из массивов Мачевна, Итчайваям и Пустая являются палладистыми. Соотношение ЭПГ в сплавах коррелируется с содержанием в них Fe: концентрация Ir возрастает, а Pd – уменьшается с повышением концентрации Fe (Рис. 16). Различные соотношения между дунитами, клинопироксенитами и габбро в коренных источниках россыпей определяются степенью эрозии массивов. С уменьшением доли дунитов в менее эродированных массивах уменьшается концентрация Fe, а содержания Rh и Pd в Pt-Fe сплавах последовательно возрастают (Рис.17). Для полнодифференцированных массивов

тенденция такова, что изменение соотношения примесей в Pt-Fe сплавах $\text{Ir} \rightarrow \text{Rh} \rightarrow \text{Pd}$ может указывать на степень эродированности этих массивов.

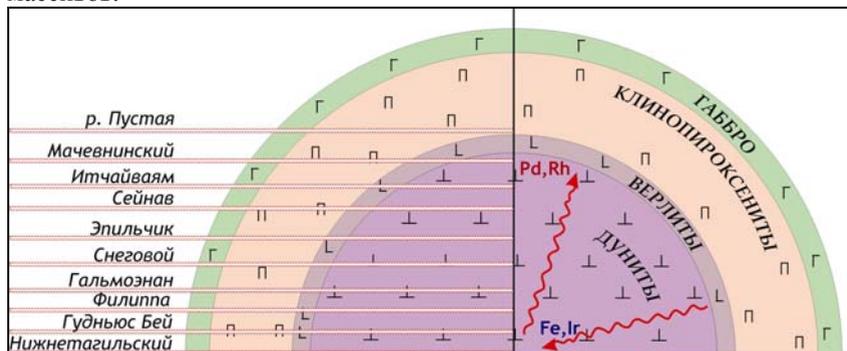


Рис. 17. Схема урвней эрозионного среза и тренды изменения составов Fe-Pt

Во всех россыпях, связанных с зональными массивами региона, в шлиховой платине встречается изоферроплатино-осмиевый парагенезис (включения осмия в Pt-Fe сплавах). Для массивов, в строении которых присутствуют хромит-содержащие дуниты, характерна иридий-изоферроплатина (Гальмознан, Эпильчик и Филиппа) и иридий-изоферроплатиновый парагенезис. Эти оба парагенезиса относятся к типоморфным признакам россыпей, связанных с зональными комплексами урало-аляскинского типа (Tolstykh et al., 2005).

Постмагматические процессы определяются активностью As и S на заключительных этапах их формирования, а также интенсивностью серпентинизации и составом серпентинизирующих растворов. В массивах Итчайваям, Эпильчик, Снеговой и Мачевна редкие сульфиды ЭПГ приурочены к краям зерен платины; куперит и тетраферроплатина формируют тонкие реакционные каймы по Pt-Fe сплавам. Постмагматические минеральные ассоциации массивов Гальмознан, Сейнав и Филиппа характеризуются минеральным разнообразием и большими масштабами проявления. Как правило, массивы, включающие дуниты, характеризуются многостадийностью рудообразования и перераспределением первичного вещества на постмагматической стадии. Если в массивах Ватыно-Вывенской группы распространены сульфиды, арсениды, антимониды и сульфоарсениды ЭПГ, то в россыпях Северо-Камчатской группы массивов (р. Пустая) преобладают различные соединения Pd, характерные для более низкотемпературных

парагенезисов. Вторичные преобразования Pt-Fe сплавов привели к формированию широкого спектра твердых растворов тетраферроплатина-туламинит, которые за некоторым исключением, характерны для всех массивов Корякско-Камчатского платиноносного пояса.

4.5. ЭПГ-содержащая сульфидная минерализация в массивах габбро-клинопироксенит-дунитовой

Сульфидные руды с благороднометаллической минерализацией установлены в некоторых массивах габбро-клинопироксенит-дунитовой формации. В краевых габброидных частях *Итчайваямского массива* выявлены зоны с прожилково-вкрапленной сульфидной минерализацией с содержаниями Cu -13% и Au – 22,8, Ag – 43,6, Pd – 2,2 (г/т). Руды представлены халькопиритом и борнитом; присутствуют галенит, сфалерит, молибденит, ковеллин, халькозин, а также минералы Au, Ag и Pd: гессит, аргентит, мертеит-II, меренскиит и темагамит. Сульфидные руды сфалерит-халькопирит-пирротинового состава известны также на массиве *Эпильчик*, где они приурочены к северному контакту с вмещающими породами. Кроме Cu и Zn в них отмечаются также повышенные концентрации Au, Ag, Pd (0,5 г/т) и Pt (0,2 г/т). Сульфидные руды выявлены также в пределах интрузий *Северо-Камчатской группы*. Сульфидная вкрапленность в пироксенитах содержит Pt (до 0,84 г/т) и Pd (до 2,6 г/т). В халькопирите установлены включения котульскита, винценита, сперрилита и брэггита. Наиболее благоприятными для поисков промышленных руд данного типа являются наименее эродированные массивы или интрузии с габброидной составляющей. Особое внимание необходимо уделять участкам наложения на эти массивы процессов магматической деятельности более молодых интрузий.

Глава 5. ПЛАТИНОНОСНОСТЬ ИНТРУЗИЙ НОРИТ-КОРТЛАНДИТОВОЙ ФОРМАЦИИ

Платиноносность интрузий норит-кортландитовой формации определяется наличием сульфидных медно-никелевых руд, содержащих металлы платиновой группы. По данным Е.К. Игнатьева (1979) и В.А. Полетаева (1999, 2004) максимальные содержания ЭПГ установлены в сульфидных рудах коры выветривания месторождения Шануч, где их сумма достигает около 20 г/т (13,2 – Pt; 6,12 – Pd; 0,04 – Rh). Для месторождение Квинум-1, расположенного в пределах Квинумского рудного поля, концентрация (Pt+Pd) составляет 4,5, Au – 1,1 и Ag – 3,0

(г/т). В рудах других месторождениях максимальные содержания суммы Pt и Pd составляют (в г/т): Северное – 3.79; Медвежье – 6.7; Правокихчинское – 4.7; Тундровое – 9.24. Сплошные руды месторождения Квинум-1, сложенные пирротином, пентландитом и халькопиритом, реже пиритом, сфалеритом, галенитом, арсенопиритом, раммельсбергитом, никелином и мелонитом, содержат МПГ, которые представлены сперрилитом, садбериитом и майченеритом. Для руд характерно высокопробное золото с примесями Cu и Fe.

В рудах проявления Тундрового, минеральный состав руд которого аналогичен месторождению Квинум-1, из МПГ установлен майченерит. Рудопоявление Кортландитовое характеризуется наличием самородного золота и майченерита. МПГ минерализация приурочена к краевым частям залежей сплошных сульфидных руд и к зоне перехода от амфиболовых перидотитов к вышележащим габброидам. Продуктивность платиноидной минерализации рудных залежей определяется процессами магматической дифференциации и обогащением благородными металлами дифференциатов ультраосновной магмы, насыщенных флюидами и летучими компонентами (Te, As, Sb, Bi) (Конников и др., 2007). Благородные металлы накапливаются и отлагаются на фронте восходящей кристаллизации массивов, где сперрилит и Pd минералы в ассоциации с сульфоарсенидами и арсенидами Fe, Ni, Co концентрируются в апикальных и краевых частях рудных залежей, сложенных сплошными халькопирит-пентландит-пирротиновыми рудами (Игнатьев и др., 1988; Ignatiev, Sidorov, 2002; Чубаров, 1988, 1990; Чубаров и др., 2005).

Геохимическая специализация массивов норит-кортландитовой формации изменяется от обогащенных медью (Кортландитовое и Ясное) и отношением $Pt/Pd > 1$ до существенно никелистых (Квинум-2, Олень), обогащенных платиной ($Pd/Pt < 1$). В рудопоявлениях палладий положительно коррелируется с медью, а платина – с никелем (Рис. 18).

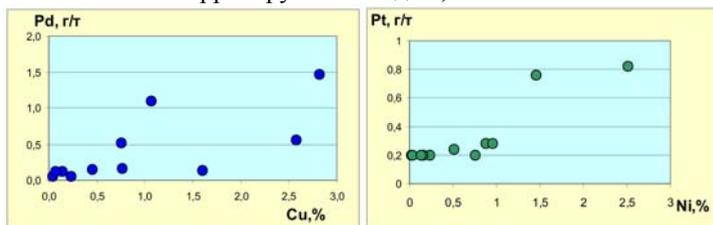


Рис. 18. Положительная корреляция Cu с Pd в рудопоявлениях Кортландитовое и Ясное, а также Ni и Pt - в рудопоявлениях Квинум II и Олень

Глава 6. ОЦЕНКА ПЕРСПЕКТИВНОСТИ И ПРАКТИЧЕСКАЯ ЗНАЧИМОСТЬ ПЛАТИНОНОСНОСТИ ГИПЕРБАЗИТОВЫХ МАССИВОВ КОРЯКСКО-КАМЧАТСКОГО РЕГИОНА

6.1. Дунит-гарцбургитовая формация

Для массивов дунит-гарцбургитовой формации, независимо от их возраста, установлено, что минеральные формы ЭПГ представлены акцессорными минералами системы Os, Ir и Ru при подчиненном значении Fe-Pt сплавов и других минеральных видов. В Корякско-Камчатском регионе нет ни одного коренного рудопроявления Os, Ir, Ru и Pt, не говоря уже о месторождениях. К массивам приурочены комплексные россыпные проявления и месторождения Au-МПГ с преобладанием в них золота, при соотношении МПГ: Au - 1:600-1000 и более. К ним относятся малопродуктивные россыпи Хатырского меланжа, массивов полуостровов Валижген, Камчатского Мыса, Кротонского и Куюльского массивов. Максимальное содержание МПГ в них не превышают первых г/м³, а суммарные прогнозные ресурсы для всех россыпей региона, связанные с дунит-гарцбургитовой формацией, не превышают первые сотни кг. МПГ этих россыпей могут представлять интерес только при их отработке на золото.

Платиноносность дунит-гарцбургитовой формации связывается с Au-Cu-Zn сульфидными рудами Восточно-Камчатского пояса, где известно около 20 сульфидных рудопроявлений с Pt и Pd, практическая значимость которых, учитывая их недостаточную изученность, требует дальнейших исследований.

6.2. Габбро-клинопироксенит-дунитовая формация

Для этой формации выделено три перспективных типа месторождений, имеющих практическую значимость: (1) россыпеобразующий потенциал массивов габбро-клинопироксенит-дунитовой формации позволяет рассматривать их как перспективные объекты для открытия новых россыпных месторождений в пределах Корякско-Камчатского региона; (2) на выделенных в пределах южной части Гальмознанского массива рудных зонах с содержаниями ЭПГ в десятки-сотни г/т, проведены лабораторные исследования и полупромышленные испытания руд, в результате чего рекомендована технологическая схема обогащения руд. Эти исследования подтверждают возможность извлечения Pt (Козлов, Сидоров, 2000, Козлов, 2007, Козлов, Чантурия, 2009), что позволяет уверенно прогнозировать здесь месторождение. Следует отметить, что и на других массивах данной формации (Сейнав, Итчайваам, Эильчик, Снеговой) также установлены содержания Pt в коренных рудах на уровне десятков

г/т; (3) третьим, новым, потенциальным источником ЭПГ являются сульфидные рудопоявления, приуроченные к интрузиям габбро-клинопироксенит-дунитовой формации. Эти сульфидные проявления содержат высокие концентрации рудных элементов: Cu до 13%, Pt до 0.8 г/т и Pd 2.6 г/т, но степень их изученности на сегодняшний день является недостаточной.

6.3. Норит-кортландитовая формация

Камчатский край в настоящее время рассматривается как новая перспективная никеленосная провинция, связанная с интрузиями норит-кортландитовой формации. Платиноносность этого формационного типа определяется магматогенными сульфидными медно-никелевыми рудами с Pt-Pd специализацией. В регионе к этому типу относятся месторождения Шануч и рудопоявления Квинумской группы, а также рудопоявления Дукукского и Кувалорогского массивов. С медно-никелевыми рудами в регионе связаны прогнозные ресурсы МПГ, которые на сегодняшний день не превышают ресурсы россыпной платины.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Основные научные и практические результаты выполненных исследований заключаются в оценке платиноносности разноформационных базит-гипербазитовых комплексов Корьякско-Камчатского региона. На основе U-Pb (SHRIMP), $^{40}\text{Ar}/^{39}\text{Ar}$ и Sm-Nd изотопных методов анализа, получены новые данные о возрасте массивов, позволяющие использовать их при металлогеническом анализе, геологосъемочных, прогнозных и поисковых работах.

Для дунит-гарцбургитовых комплексов:

(1) на основе исследования россыпных ассоциаций установлены многочисленные минеральные формы ЭПГ, выявлены тренды составов Os-Ir-Ru сплавов и эволюция минеральных парагенезисов в коренных источниках шлиховых ореолов. Выявлено, что МПГ в дунит-гарцбургитовых комплексах представлены аксессуарной минерализацией, не имеющей собственного экономического значения.

(2) охарактеризован новый эпигенетический тип рудопоявлений с ЭПГ-содержащей Au-Cu-Zn сульфидной минерализацией; дана оценка его практической значимости.

Для габбро-клинопироксенит-дунитовых комплексов:

(1) детально исследованы МПГ и их парагенезисы, установлены их типоморфные признаки и предложена модель формирования рудоформирующей системы; выявлено, что состав Pt-Fe сплавов и включенных в них МПГ закономерно изменяется в направлении от дунитового ядра к его периферии и апикальным частям массива, в результате чего формируются различные минералого-геохимические типы россыпей, зависящие от эрозионного среза дренируемых водотоками массивов.

(2) впервые выявлены и охарактеризованы коренные рудные проявления, приуроченные к крупнозернистым, перекристаллизованным дунитам; показано, что формирование крупных скоплений МПГ в коренных породах происходило многостадийно, начиная с магматического этапа (первичные Pt-Fe и Os-Ir-Ru сплавы) и заканчивая постмагматическим этапом при участии гидротермальных флюидов, обогащенных Ni, Cu, Zn, Co, Pb, а также Cl, As и S. Установлено, что поздняя стадия рудообразования сопровождалась появлением самородных металлов (Fe-Ni, Fe-Co сплавы, Bi, Cu, Au и др.). Участие летучих компонентов подтверждается наличием парагенетической связи поздних ассоциаций МПГ с Cl- и гидроксил-содержащими силикатными минералами, которые могут являться поисковым критерием платинового оруденения, имеющего практическое значение.

(3) выявлен новый тип и дана минералого-геохимическая характеристика комплексного эпигенетического медно-золото-палладиевого оруденения в габброидных частях массивов; обоснована перспективность этого типа благороднометалльных руд.

Для норит-кортландитовых массивов:

(1) изучены особенности состава медно-никелевых руд и содержащихся в них МПГ; установлено, что платиноиды концентрируются в краевых частях залежей сплошных сульфидных руд и представлены антимонидами и теллурувисмутидами Pd при подчиненном развитии сперрилита;

(2) геохронологическое исследование норит-кортландитовых интрузий $^{40}\text{Ar}/^{39}\text{Ar}$ и U-Pb методами показало, что их формирование проходило в позднемеловое время и в начале эоценовой эпохи палеогенового периода.

Основные выводы и рекомендации, полученные в ходе выполнения работы, апробированы на практике при поисках, разведке и добыче МПГ в ЗАО «Корякгеолдобыча» и ЗАО «Быстринская горная компания», ОАО «Камчатгеология», а также изложены в научных статьях, монографиях и

были использованы при составлении геологических карт, в том числе и государственного статуса, различного масштаба.

ОСНОВНЫЕ ПУБЛИКАЦИИ ПО ТЕМЕ ДИССЕРТАЦИИ

Карты

1. Геологическая карта, совмещенная с картой полезных ископаемых Камчатской области и Корякского автономного округа масштаба 1: 1500 000. Редакторы: Литвинов А.Ф., Марковский Б.А. Санкт-Петербургская картографическая фабрика ВСЕГЕИ, 2005.
2. Государственная геологическая карта Российской Федерации. Масштаб 1:1 000 000 (новое поколение). Серия Корякско-Камчатская. Лист N-57 – Петропавловск-Камчатский. Объяснительная записка.- СПб.: Изд-во СПб картфабрики ВСЕГЕИ. 2006. 376 с. (МПР России, ФГУП «ВСЕГЕИ», ФГУП «Камчатгеология»). Сляднев Б.И., Шаповаленко В.Н., Крикун Н.Ф., Полетаева А.А., Ротман В.К., Сидоренко В.И., Сидоров Е.Г., Суриков С.Н., Хасанов Ш.Г.

Монографии и статьи в сборниках:

1. Sidorov E.G. Platinum occurrences in ultramafic massifs on the Koryak-Kamchatka region. // *Geology and mineral deposits of the Russian Far East*, Fairbanks, 1995, V. 1, P. 36 - 38.
2. Осипенко А. Б., Сидоров Е. Г., Романченко В. В. Листвениты Северной Камчатки. Владивосток: Дальнаука, 2000, 124 с.
3. Ланда Э.А., Марковский Б.А., Сидоров Е.Г., Сляднев Б.И. Особенности строения и состава дунит-клинопироксенитовых массивов южной части Срединно-Камчатского хребта // *Петрология и металлогения базит-гипербазитовых комплексов Камчатки*. М.: Научный Мир, 2001, С. 87-105.
4. Сидоров Е.Г. Козлов А.П., Ланда Э.А., Осипенко А.Б., Марковский Б.А. Петрогеохимические особенности пород Гальмознанского базит-гипербазитового массива, Корякия // *Петрология и металлогения базит-гипербазитовых комплексов Камчатки*. М.: Научный Мир, 2001, С. 14-30.
5. Толстых Н.Д., Сидоров Е.Г., Видик С.В., Козлов А.П., Вильданова Е.Ю. Минералого-геохимические особенности минералов платиновой группы россыпного месторождения р. Левтыриновьям // *Петрология и металлогения базит-гипербазитовых комплексов Камчатки*. М.: Научный Мир, 2001, С.94-114.
6. Tolstykh N., Sidorov E., and Krivenko A. Platinum group element placers associated with Ural-Alaska type complexes // *Exploration for platinum-group element deposits*. Ed. James Mungall, Shorh Course Series, V. 35, Chapter 6, Canada: Mineralogical Association Publ., 2005, P. 113-143.
7. Сидоров Е.Г., Осипенко А.Б. Месторождения, связанные с магматическими процессами. Плутоногенные месторождения. Платиновая минерализация

- Гальмознанского массива // Геодинамика, магматизм и металлогения Востока России / под ред. А.И. Ханчука. - Владивосток: Дальнаука, 2006, С. 576-581.
8. Сидоров Е.Г., Сандиминова Е.И., Савельев Д.П., Москалева С.В., Округин В.М. Месторождения неясного генезиса. Цинковое сульфидное оруденение в альпинотипных гипербазитах Восточной Камчатки // Геодинамика, магматизм и металлогения Востока России / под ред. А.И. Ханчука. - Владивосток: Дальнаука, 2006, С. 766-771.
 9. Сидоров Е.Г., Осипенко А.Б. Месторождение Гальмознан // Крупные и суперкрупные месторождения рудных полезных ископаемых. Том 3, Стратегические виды рудного сырья Востока России / под ред. Д.А. Рундквиста. - Москва, ИГЕМ РАН, 2006, С. 373-382.
 10. Байков А. И., Кутыев Ф. Ш., Сидоров Е. Г. Медно-никелевое сульфидное оруденение Камчатки // Никель в базит-ультрабазитовых комплексах Украины, Сибири и Дальнего Востока, Апатиты, 1988, С. 59-61.

Статьи в журналах:

11. Сидоров Е.Г., Изох А. Э., Кривенко А. П., Чубаров В. М. О платиновых минералах Монголии // Геология и геофизика, 1987, №12, С.108-112.
12. Сидоров Е.Г. Самородные никелевые минералы в гипербазитовых массивах // Доклады АН СССР, 1987, Т. 259, №6, С.1456-1459.
13. Сидоров Е.Г. Покриты острова Карагинский (Берингово море) // Доклады АН СССР, 1988. Т.297, №3, С.681-683.
14. Кутыев Ф.Ш., Сидоров Е.Г., Резниченко В.С., Семенов В.Л. Новые данные о платиноидах в зональных ультраосновных массивах юга Корякского нагорья. // Доклады РАН, 1991, Т. 317, № 6, С. 1458 - 1461.
15. Батанова В.Г., Астраханцев О.В., Сидоров Е.Г. Дуниты Гальмознанского гипербазит-габбрового массива (Корякское нагорье).// Изв. АН СССР, сер. геологич., 1991, №1, С.24-35.
16. Сидоров Е.Г., Осипенко А.Б., Леднева Г.В. Метасоматические породы Эпильчикского базит-гипербазитового массива, Олюторская тектоническая зона, Корякия // Известия вузов. Геология и разведка, 1999, №2, С. 10-22.
17. Подлипский М.Ю., Сидоров Е.Г., Толстых Н.Д., Кривенко А.П. Кобальтсодержащий маланит и другие тиошпинели платины из россыпных проявлений реки Майор (Камчатка) // Геология и геофизика, 1999, Т.40, №4. С. 645-648.
18. Сидоров Е.Г., Осипенко А. Б., Романченко В.В. Листвениты Северной Камчатки - строение, состав и рудоносность // Уральский геологический журнал, 1999, №3, С. 75-90.
19. Селиверстов В.А., Осипенко А.Б., Сидоров Е.Г. Родингиты в породах щелочно-ультраосновной вулканической формации Валагинского хребта (Восточная Камчатка) и их петрологическое значение // Вулканология и сейсмология, 1999, № 2, С. 29-44.

20. Tolstykh N., Sidorov E., Laajoki K., Krivenko A., Podlipskiy M. Association of platinum group minerals from the plaser of Pustaya River, Kamchatka // *Canadian Mineralogist*, 2000, V. 38, P. 1251-1264.
21. Костоянов А.П., Ланда Э.А., Марковский Б.А., Сидоров Е.Г. Особенности изотопного состава осмия минералов платиновой группы из россыпных проявлений Солдатского ультрамафит-мафитового комплекса п-ов Камчатский Мыс, Восточная Камчатка) // *Геохимия*, 2000, № 10С. 1031-1035.
22. Ланда Э.А., Марковский Б.А., Сидоров Е.Г., Толмачева Е.В. Об особенностях состава оливинов из дунитов зональных массивов Корякии и Камчатки // *Записки ВМО*, 2001, №1, С. 60-66.
23. Осипенко А.Б., Сидоров Е.Г. Ультрамафиты южной части Ганальского хребта Камчатки // *Известия ВУЗов. Геология и разведка*, 2001, №1, С. 30-42.
24. Беляцкий Б.В., Ланда Э.А., Марковский Б.А., Сидоров Е.Г. Первые данные изотопного датирования дунит-клинопироксенитового зонального массива Центральной Камчатки // *ДАН*, 2002, Т. 382, №2, С. 235-237.
25. Tolstykh N., Krivenko A., Sidorov E., Laajoki K. Ore mineralogy of PGM placers in Siberia and Russian Far East // *Ore Geology Reviews*, 2002, № 20, P. 1-25.
26. Ланда Э.А., Марковский Б.А., Беляцкий Б.В., Сидоров Е.Г., Осипенко А.Б. Возраст и изотопные особенности альпинотипных, зональных и расслоенных мафит-ультрамафитовых комплексов Камчатки // *ДАН*, 2002, Т. 385, № 6, С. 812-815.
27. Осипенко А.Б., Сидоров Е.Г., Костоянов А.И., Толстых Н.Д. Хромититы гипербазитовых массивов п-ова Валижген, Корякия // *Геология рудных месторождений*, 2002, №1, С. 85-104.
28. Осипенко А.Б., Сидоров Е.Г., Козлов А.П., Ланда Э.А., Леднева Г.В., Марковский Б.А. Геохимия магматических серий Гальмознанского базит-гипербазитового массива, Корякия // *Тихоокеанская геология*, 2002, №4, С.79-90.
29. Tolstykh N.D., Foley J., Sidorov E.G., Laajoki K. Composition of the platinum-group minerals in the Salmon River placer deposits. Goodnews Bay, Alaska // *Canadian Mineralogist*, 2002, V. 40, № 2, P. 463-472.
30. Сидоров Е.Г., Толстых Н.Д., Подлипский М.Ю., Пахомов И.О. Минералы элементов платиновой группы из россыпи клинопироксенит-дунитового массива Филиппа, Камчатка // *Геология и геофизика*, 2004, Т. 45, № 9. С. 1128-1144.
31. Сидоров Е. Г., Осипенко А. Б. Преобразование ультраосновных ксенолитов в базальтовом расплаве: природный эксперимент (вулканический центр горы Рыцарь, Восточная Камчатка) // *Вулканология и сейсмология*, 2004, № 3, С. 31-47.
32. Сидоров Е. Г., Осипенко А. Б., Костоянов А. И., Козлов А. П. Хромитовая минерализация в породах мафит-ультрамафитового массива Гальмознан. *Геология рудных месторождений*, 2004, Т. 46, №3, С. 235-252.

33. Tolstykh N.D. Sidorov E.G., Kozlov A.P. Platinum-group minerals in lode and placers deposits associated with Ural-Alaska-type Galmoenan complex, Koryak-Kamchatka platinum belt, Russia // *Canadian Mineralogist*, 2004, V. 42, № 2, P. 619-630.
34. Разумный А.В., Сидоров Е.Г., Сандмирова Е.И. Медно-золото-палладиевая минерализация в концентрически-зональных массивах Корякского нагорья. // *Вестник Краунц. Серия: Науки о Земле*, 2004, № 2, С. 70-79.
35. Чубаров В.М., Игнатъев Е.К., Москалева С.В., Сидоров Е.Г., Тарарин И.А., Шаповаленко В.Н. Зональность платиноидной минерализации в медно-никелевом рудопроявлении Квинум-1 (Срединный хребет, Камчатка) // *Доклады РАН*, 2005, Т. 493, №2, С. 231-236.
36. Сидоров Е.Г., Осипенко А.Б., Козлов А.П., Рудашевский Н.С., Пилипюк А.Н. К вопросу о потенциальной алмазонасности гранатовых амфиболитов п-ва Камчатского Мыса (Восточная Камчатка) // *Записки ВМО*, 2005, №6, С.26-52.
37. Конников Э. Г., Чубаров В. М, Травин А. В., Матуков Д. И., Сидоров Е. Г. О времени проявления никеленосной норит -кортландитовой формации на востоке Азиатского континента // *Геохимия*, 2006, №5, С. 564-570.
38. Осипенко А.Б., Сидоров Е.Г., Шевченко С.С., Конилов А.Н., Рассулов В.А., Рудашевский Н.С. Геохимия и U-Pb геохронология цирконов из гранатовых амфиболитов п-ова Камчатского Мыса (Восточная Камчатка) // *Геохимия*, 2007, № 8, С. 1-9.
39. Бродская Р.Л., Бильская И.В., Ляхницкая В.Д., Марковский Б.А., Сидоров Е.Г. Границы срастания минеральных индивидов - зона вторичного минералогенезиса // *Записки ВМО*, 2007, Ч. 136, Вып. 3, С. 1-1.
40. Tolstykh N., Sidorov E., Kozlov A. Platinum group minerals from the Olkhovaya-1 placer related to the Karaginsky ophiolite complex, the Kamchatskiy Mys peninsula, Russia // *Canadian Mineralogist*. 2009, V. 47, № 4, P.

Тезисы докладов:

1. Кутыев Ф.Ш., Сидоров Е.Г., Белоусова С.П., Симонова Л.С., Кутыева Г.В. Платиноиды Камчатки. Геологическое строение и полезные ископаемые Камчатки. Тез. докл. V Камчатской геологической конференции. Петропавловск-Камчатский, 1983, С. 154-156.
2. Сидоров Е.Г. Металлогения гипербазитов Восточной Камчатки // *Ультраосновные магмы и их металлогения. Тез. докл. Всесоюзного симпозиума. Владивосток*, 1983, С. 142-143.
3. Кривенко А.П., Сидоров Е.Г., Изох А.Э. Первая находка платиноидов в Монголии // *Формационное расчленение, генезис и металлогения гипербазитов. Тез. докл. всесоюзного симпозиума (Хромтау, 28-30 мая 1985 г.)*. Свердловск, 1985, С. 37-38.
4. Сидоров Е. Г. Самородное никелевое оруденение в гипербазитах. Офиолиты Восточной окраины Азии. Тез. докл., Хабаровск, 1986, С.106-108.
5. Кутыев Ф.Ш., Сидоров Е.Г., Семенов В.Л., Резниченко В.С., Симонова Л.С., Астраханцев О.В. Платиноносная фрмация зональных массивов

- Олноторской зоны Корякского нагорья // Проблемы магматизма, метаморфизма и оруденения Дальнего Востока. Тез. докл. IV Дальневосточного регионального петрографического совещания, Южно-Сахалинск, 1988, С.87-89.
6. Кутыев Ф.Ш., Байков А.И., Сидоров Е.Г. Платиноносные формации Камчатки // Проблемы магматизма, метаморфизма и оруденения Дальнего Востока. Тез. докл. IV Дальневосточного регионального петрографического совещания, Южно-Сахалинск, 1988, С.43-44
 7. Сидоров Е.Г., Мочалов А.Г. Минералы платиновой группы (МПГ) россыпей зональных дунит-клинопироксенитовых массивов Дальнего Востока. 7th International Platinum Symposium, Moscow, 1994, P. 105.
 8. Sidorov E.G., Zaitsev V.P., Melkomukov V.N. Recent Placer Platinum Activities in the Koryak-Kamchatka Platinum Belt, Northern Russia // Mining-Alaska's Growth Industry: Abstract, Alaska Miners Association, Annual Convention, 1997, P. 50.
 9. Сидоров Е.Г., Толстых Н.Д., Подлипский М.Ю. Типоморфные особенности платины из россыпи р. Пустая (Камчатка) // Закономерности строения и эволюции геосфер. Материалы VI международного симпозиума. Хабаровск, 1998, С. 251-253.
 10. Bundtzen T.K., Sidorov E.G. Overview of Placer and Lode Platinum Group Element (PGE) Deposits of the Russian Far East // Extended Abstracts of the 16th Biennial Conference on Alaskan Mining, "Second Rush of 98", Fairbanks, 1998, P. 34-36.
 11. Zaitsev V.P., Loginov V.A., Melkomukov V.N., Vorogushin N.T, Vildanova E.Y., Litvinov A.F., Patoka M.G., Sidorov E.G. The New Biggest Platinum Province of NW Pacific. // 8th International Platinum Symposium, Johannesburg, 1998, P. 461-463.
 12. Sidorov E.G., Osipenko A.B. Platinum mineralisation of the Kamchatka peninsula concentric-zoned massifs, Russian Far East // 8th International Platinum Symposium, Johannesburg, 1998, P. 478-480.
 13. Kozin N.N., Logino V.A., Zaitsev V.P., Kozlov A.P., Sidorov E.G. The platinum mining activities of Koryak Geology Mining Company in Northern Kamchatka // Abstracts of the PDAC Convention 99, Toronto, 1999, P. 9-11.
 14. Толмачева Е.В., Ланда Э.А., Марковский Б.А., Сидоров Е.Г. Термобарогеохимические особенности оливинов из дунитов зональных массивов Камчатско-Корякского региона // IX Международная конференция по термобарогеохимии. Тез. докл. Александров. ВНИИСИМС, 1999, С. 52-54
 15. Сидоров Е.Г., Осипенко А. Б., Козлов А.П., Леднева Г.В., Марковский Б.А. Геохимия магматических серий Гальмоозанского зонально-концентрического массива. Корякия // Петрология и металлогения базит-гипербазитовых комплексов Камчатки. Тез. докл. нуч. сессии Камчатского отделения ВМО, Петропавловск-Камчатски, 2000, С. 38-39.

16. Сидоров Е.Г., Толстых Н.Д., Вильданова Е.Ю., Видик С.В., Козлов А.П. Минералы платиновой группы россыпного месторождения реки Левтыриниваям // Петрология и металлогения базит-гипербазитовых комплексов Камчатки. Тез. докл. науч. сессии Камчатского отделения ВМО, Петропавловск-Камчатский, 2000, С. 109-110.
17. Козлов А.П., Сидоров Е.Г., Романов А.П. Рудная платина Гальмознанского массива Камчатки (реальность и перспективы) // Тез. докл. «Платина в геологических формациях Сибири», Красноярск, 2001, С. 79-80.
18. Сидоров Е.Г. Особенности образования минералов платиновой группы Гальмознанского массива Камчатки // Тез. докл. «Платина в геологических формациях Сибири», Красноярск, 2001, С. 83-85.
19. Tolstykh N., Sidorov E. Platinum-Group Element Minerals in Lode and Placers Associated with Galmoenan Complex (Ural-Alaska-type), Koryak-Kamchatka Region 9th International Platinum Symposium, Abstract, 2001, P. 343-345.
20. Ignatiev E., Sidorov E. Copper and copper-nickel mineralization in Central Kamchatka // Joint Technical Conference, American Association of Petroleum Geologists, Abstracts, 2002, P. 82.
21. Сидоров Е.Г., Толстых Н.Д., Козлов А.П. Рудная платина Гальмознанского массива // Тез. докл., Вестник Томского гос. ун-та, 2003, № 3, С. 291-293.
22. Bundtzen T., Sidorov E., Chubarov V. Comparisons Between PGE Deposits in Alaska – NW Canada and Russian Far Est, 2003 SME Annual Meeting & Exhibit, Cincinnati, Ohio, 2003, P.44.
23. Bundtzen T.K., Layer P.W., Sidorov E.G. Geology, Geochemistry, and isotopic ages of PGE-Ni-Cu bearing, metamorphic rocks of the Farewell and Sredinny Terranes, Alaska, USA, and Kamchatka, Russia // 99th Annual Meeting Cordilleran Section. Puerto Vallarta, Mexico. Abstract, 2003, V. 35, No.4, P. 97.
24. Bundtzen T.K., Layer P.W., Sidorov E.G. Geology, Geochemistry, and new isotopic ages of selected PGE-Ni-Cu bearing, mafic/ultramafic complexes in Alaska-Yukon and Russian Far Est regions. Alaska Geological Society, Geology Symposium. Abstract, 2003, P. 9-11.
25. Tolstykh N., Sidorov E., Kozlov A. The origin of mineral assemblage in ofiolitic complex of Kamchatka // 32nd Int. Geol. Congr., 2004, Abs Vol., Pt. 1, abs. 100-43, P. 478-479.
26. Sidorov E. G., Osipenko A. B., Kostoyanov A.I. Petrological aspects of chromite mineralization genesis in mafic-ultramafic complexes of various formation types in the light of isotope geochemical data (on Example of the Koryak-Kamchatka region, Russian Far East) // 32nd Int. Geol. Congr., Abs. Vol., Pt. 1, abs. 100-43, 2004, P. 478.
27. Tolstykh N.D., Sidorov E.G. Compositions of Pt-Fe alloy Alaskan-type sources as indicators of formation conditions // Metallogeny of the Pacific Northwest: tectonics, magmatism and metallogeny of active continental margins / Edited by A. I. Khanchuk et al., Vladivostok: Dalnauka, 2004, P. 388-390
28. Bundtzen T.K., Sidorov E.G., Layer P.W., Chubarov V.M. Geology, geochemistry and new isotopic ages of selected PGE-Ni-Cu bearing,

- mafic/ultramafic complexes in the Farewell and Goodnews Bay terranes, Alaska and Sredinny Terrane, Kamchatka Peninsula region, Russian Far East // *Metallogeny of the Pacific Northwest: tectonics, magmatism and metallogeny of active continental margins* / Edited by A. I. Khanchuk et al., Vladivostok: Dalnauka, 2004, P. 83-85
29. Sidorov E.G., Tolstykh N.D. Two types of PGM placers in the Koryak-Kamchatka region, Russian Far East // *Platinum-group elements – from genesis to beneficiation and environmental impact* / Extended Abstracts. Oulu, Finland, 2005, P.581-584.
 30. Сидоров Е.Г., Осипенко А.Б., Шевченко С.С., Конилов А.Н., Козлов А.П. Новые данные о возрасте пород амфиболитового комплекса п-ова Камчатского Мыса (Восточная Камчатка) // Тр. V Всероссийской петрографической конференции "Петрология магматических и метаморфических комплексов. Томск: ТГУ, 2005, 395-398.
 31. Сидоров Е.Г. Особенности минеральных парагенезисов платинового оруденения Гальмознанского массива // *Ультрабазит-базитовые комплексы складчатых областей. Материалы международной конференции, Иркутск, 2007, С. 430-434.*
 32. Сидоров Е.Г., Осипенко А.Б., Козлов А.П. U-Pb SHRIMP геохронология цирконов из ультрамафитов Южной Камчатки // *Ультрабазит-базитовые комплексы складчатых областей. Материалы международной конференции, Иркутск, 2007, С. 237-241.*

