

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации
НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ
ТОМСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ (НИ ТГУ)
Геолого-географический факультет

ДОПУСТИТЬ К ПРЕДСТАВЛЕНИЮ ГЭК

Руководитель ООП

канд. геол.-минерал. наук, доцент

_____ Г.М. Татьянин

«_____» 2019 г.

НАУЧНЫЙ ДОКЛАД

об основных результатах подготовленной научно – квалификационной работы
(диссертации)

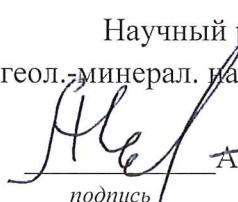
ГЕОЛОГО-ГЕНЕТИЧЕСКАЯ МОДЕЛЬ ОБРАЗОВАНИЯ И ПОТЕНЦИАЛЬНАЯ РУДНОСТЬ МАФИТ-УЛЬТРАМАФИТОВЫХ КОМПЛЕКСОВ КУЛИБИНСКОГО РУДНОГО УЗЛА КАНСКОЙ МЕТАЛЛОГЕНИЧЕСКОЙ ЗОНЫ (ВОСТОЧНЫЙ САЯН)

по основной образовательной программе подготовки научно-педагогических кадров в
аспирантуре

направление подготовки 25.00.11 – Геология, поиски и разведка твёрдых полезных
ископаемых, минерагения

Бабинцев Никита Анатольевич

Научный руководитель:
д-р. геол.-минерал. наук, профессор


подпись А.И. Чернышов

«06» июня 2019 г.


подпись

Автор работы:
аспирант

Н.А. Бабинцев

Томск-2019

ВВЕДЕНИЕ

Актуальность исследования мафит-ультрамафитовых комплексов Кулибинского рудного узла обусловлена широким спектром дискуссий в научном сообществе, связанных с этими образованиями. Канский зеленокаменный пояс (ЗКП) относят к неопротерозойским ЗКП и единого мнения о его строении, формационной принадлежности структурно-фациальных комплексов и перспективах рудоносности различных его образований нет и по настоящее время. Между тем, магматические комплексы исследуемой территории концентрируют в себе широкий спектр полезных ископаемых – никель, медь, хром, благородные металлы, нерудное сырьё, а повышающийся интерес к потенциально рудоносным площадям Канского ЗКП диктует необходимость разработки научно-методических обоснований постановки ГРР. Широкое разнообразие форм, состава исследуемых образований, сложная взаимосвязь различных критериев с фактической рудоносностью обуславливают необходимость комплексного подхода при изучении потенциально рудоносных территорий. Большое количество научных трудов, посвящённых Канскому ЗКП, охватывают, как правило, крупные его зоны и узлы, тогда как для характеристики потенциала рудоносности сложных магматических комплексов необходимы детальные исследования в пределах локальных площадей. На данном этапе изучения, для образований Кулибинского рудного узла остаются дискуссионными формационная принадлежность тех или иных магматических образований, их рудная специализация, потенциал рудоносности и перспективность освоения.

Объектами исследования являются магматические образования Кулибинского рудного узла, в первую очередь – гипабиссальные мафит-ультрамафитовые тела кингашского и идарского комплексов, а также метавулканиты кулижинской и кузинской толщ.

Цель исследования – комплексная характеристика вулканических и гипабиссальных мафит-ультрамафитовых образований, анализ их вещественного состава и структур для выявления потенциала рудоносности и характеристики рудной специализации.

Задачи исследования. 1. Изучить петрографические, минералогические, структурные, geoхимические и петрохимические особенности изучаемых пород. 2. Выявить главные типы рудной минерализации и охарактеризовать особенности распространения рудного вещества в продуктивных телах. 3. Провести типизацию изученных вулканических и гипабиссальных образований, определить их формационную принадлежность. Реконструировать геодинамические условия формирования выделенных типов магматических образований. 4. Разработать критерии рудоносности образований Кулибинского рудного узла и дать прогноз перспектив его освоения.

Фактический материал. В основу исследования положен материал, собранный автором в ходе поисковых работ 2013-2015 гг, проведённых ГПКК «КНИИГиМС». Минерало-петрографическая характеристика дана по результатам изучения 804 прозрачных шлифов (в том числе 164 авторских) и 328 полированных шлифов (в том числе 41 авторский). Оценка петрохимических особенностей пород базируется на 163 силикатных анализах, которые проведены в лабораториях ОАО «Минусинская ГРЭ» (г. Минусинск) и Института геохимии им. А.П. Виноградова СО РАН (г. Иркутск). Концентрации редких и редкоземельных элементов изучались методом MS-ISP в лабораториях «Аналитического центра геохимии природных систем» при Томском государственном университете (г. Томск) и в Институте геохимии им. А.П. Виноградова СО РАН (г. Иркутск) в количестве 60 анализов. Оценка химического состава породообразующих минералов проведена в «Аналитическом центре геохимии природных систем» при Томском государственном университете (г. Томск) на электронном сканирующем микроскопе Tescan Vega II LMU - 155 определений и в Институте геохимии им. А.П. Виноградова СО РАН (г. Иркутск) на рентгеноспектральном электронно-

зондовом микроанализаторе JXA8200 – 159 определений, всего – 314 определений. Химические анализы на медь, никель, кобальт (3081 анализ), ICP-MS на платиноиды (957 анализов), а так же атомно-эмиссионные спектральные анализы на 26 элементов заимствованы из материалов поисковых работ ГПКК «КНИИГиМС». При анализе имеющихся материалов использовались опубликованные и фондовые работы, полный список которых приведён в библиографии.

Основные защищаемые положения.

Положение 1. В Кулибинском потенциальном рудном узле впервые выделены и петрологически обоснованы два формационных типа гипбиссальных мафит-ультрамафитовых образований: реститовый дунит-гарцбургитовый (идарский комплекс) и дифференцированный дунит-верлит-пикритовый (кингашский комплекс) и четыре серии вулканогенных образований: пикрит-базальтовая (коматитовая?), существенно базальтовая толеитовая, дацит-базальт-пикробазальтовая бимодальная и андезит-базальтовая известково-щелочная.

Положение 2. Интрузивные породы кингашского комплекса и вулканиты пикрит-базальтовой серии слагают единый вулкано-плутонический комплекс и образованы в ходе дифференциации единого высокомагнезиального расплава, обогащенного Au, Ag, Co, Cr, Cu, Ni, ЭПГ с продуктами эволюции которого связаны два типа месторождений: сульфидные медно-никелевые с платиноидами и малосульфидные платинометальные, существенно палладиевые. Малосульфидные платинометальные руды в районе выявлены впервые, они приурочены к базальным частям массивов пикритов кингашского интрузивного комплекса и вулканической пикрит-базальтовой серии.

Положение 3. На основании комплекса критериев и признаков разработаны прогнозно-поисковые модели локализации сульфидных и малосульфидных руд. Основной прогнозный потенциал рудоносности Кулибинского перспективного рудного узла связан с малосульфидными платинометальными рудами магматического и эпимагматического генезиса, которые сконцентрированы в пределах двух наиболее продуктивных ареалов ультрамафитов – Адралкинского и Куйгинского.

Научная новизна работы. Впервые детально изучены петрографические, минералогические, структурные, геохимические и петрохимические особенности мафит-ультрамафитовых образований кингашского и идарского интрузивных комплексов, а также метавулканитов кулижинской и кузьинской толщ Кулибинского РУ. Исследованные образования типизированы и впервые подразделены на два интрузивных комплекса и четыре вулканических ассоциации. Изучена рудная минерализация исследуемых комплексов, выявлены закономерности пространственного распространения рудного вещества в пределах продуктивных толщ. Выявлен новый для региона тип оруденения в мафит-ультрамафитовых комплексах – малосульфидный платинометальный, установлена платинометальная специализация исследованной территории. Установлено, что потенциально рудоносными являются субвулканические тела кингашского комплекса и вулканиты пикрит-базальтовой серии, которые вместе образуют единый рудоносный вулкано-плутонический комплекс. Разработаны геолого-генетические модели образования исследованных тел мафит-ультрамафитовых комплексов и обоснованы прогнозно-поисковые модели для наиболее перспективных типов оруденения. Реконструированы геодинамические условия формирования изученных образований.

Практическое значение. Проведена оценка перспектив рудоносности мафит-ультрамафитовых комплексов Кулибинского РУ, впервые выделен малосульфидный платинометальный тип оруденения. Разработаны критерии выделения потенциально рудоносных площадей и даны рекомендации по проведению дальнейших ГРР. Потребителями полученной информации являются научно-производственные предприятия Красноярского края, а также недропользователи, ведущие добычу руд платиноидов на его территории (ОАО «Норильский никель», ООО «Русская платина»).

Публикация и аprobация работы. По теме диссертации опубликовано 8 научных работ, в том числе 4 в изданиях из списка ВАК. Результаты исследований были представлены в виде устных и стендовых докладов на 4 российских и международных конференциях.

Структура и объём работы. Диссертация состоит из введения, 9 глав и заключения общим объёмом 183 страницы, содержит 67 рисунков, 5 таблиц и 5 приложений. Список литературы включает 150 наименований.

1. МЕТОДИКА ИССЛЕДОВАНИЙ

Для решения задач исследования разработан оригинальный методологический подход, основанный на принципе синтеза результатов различных исследований: геологических, петрографических, минераграфических и петролого-geoхимических. Исследования в рамках данной работы проводились в четыре этапа: подготовительный, полевой, лабораторно-аналитический и камеральный.

На **подготовительном этапе** проведён анализ работ предшественников: фондовых материалы геологического картирования и прогнозно-поисковых работ, тематических работы на территории Восточного Саяна, научных публикации и монографий по теме геологии и рудоносности Восточного Саяна, мафит-ультрамафитовых комплексов, месторождений медно-никелевых и платиноидных руд. Первоначально намечены ключевые геологические образования, изучение которых будет проведено на полевом этапе.

На **полевом этапе** применялись традиционные методы геологического картирования: макроскопическое изучение горных пород, определение залегания структурных элементов массивов магматических пород, изучение их внутренней структуры и характера контактов. С использованием результатов геологического картирования и собственных наблюдений, намечены оптимальные точки отбора образцов для последующих лабораторно-аналитических исследований. Образцы для исследований отбирались частично - непосредственно из массива в ненарушенном состоянии, частично – из дубликатов истёртых рядовых проб, отобранных ГПКК «КНИИГиМС» в ходе поисковых работ. По ряду буровых скважин были отобраны образцы керна на всю мощность отдельных магматических тел, что позволило полноценно охарактеризовать их разрезы.

На **лабораторно-аналитическом этапе** проводилось изучение отобранных образцов в соответствии с выбранным комплексом прецизионных методик анализа горных пород и минералов. Изучено 164 прозрачных и 41 полированный шлиф, из материалов предшественников заимствованы описания 700 прозрачных и 287 полированных шлифов. Для характеристики петрохимических особенностей изучаемых магматических комплексов были проведены силикатные анализы по отобранных образцам. В исследовании использованы анализы из материалов поисковых работ (56 химических анализов) и дополнительно проведено 107 анализов методом РФА. Содержание редких и редкоземельных элементов в образцах изучено методом масс-спектрометрии с индуктивно связанный плазмой, всего определений – 60. Определение химического состава минералов проведено на электронных сканирующих микроскопах с энергодисперсионными и волнодисперсионными спектрометрами, всего 469 определений. Определение концентраций ЭПГ проведено сцинтиляционным АЭС, а также методом MS-ISP и заимствовано из материалов поисковых работ ГПКК «КНИИГиМС» (957 анализов). Из материалов поисковых работ также заимствованы химические анализы на медь, никель, кобальт (3081 анализ), определение серы в горных породах (142 анализа), а так же атомно-эмиссионные спектральные анализы на 26 элементов. Методики и аналитические лаборатории подробно описаны в введении.

На **камеральном этапе** проведена аналитическая обработка полученных материалов. Обобщая все результаты проведённой работы, изученные мафит-

ультрамафитовые комплексы типизированы, охарактеризовано их геологическое строение, рудоносность и петро-геохимические особенности, сделаны выводы о благоприятных факторах рудообразования в комплексах Кулибинского ПРУ и северо-востока Канской глыбы, разработаны критерии выделения перспективно рудоносных площадей.

2. ГЕОЛОГИЧЕСКОЕ СТРОЕНИЕ ИССЛЕДУЕМОЙ ТЕРРИТОРИИ

Кулибинский ПРУ расположен в центральной части Канского глыбового выступа фундамента Сибирской платформы, являющегося составной частью складчатых структур Восточного Саяна. Главными структурными элементами Восточного Саяна в изучаемом районе являются блоки дорифейского фундамента Канский и Бирюсинский, разделенные среднепалеозойским Агульским грабеном. Исследование Канской глыбы и сопряжённых с ней структур показало, что Канская глыба по своему строению и составу ближе всего соответствует гранит-зеленокаменным образованиям древних кратонов. В структуре Канской глыбы выделяется три террейна: Канский, Идарский и Шумихинско-Кирельский. Каждый из этих террейнов разбит на микроблоки и пластины, в пределах которых породы подвержены неоднократному метаморфизму. Исследуемый Кулибинский ПРУ расположен в пределах Канского террейна, который отделён от Идарского коллизионным швом надвигового типа.

В геологическом строении Кулибинского ПРУ принимают участие интенсивно метаморфизованные в условиях эпидот-амфиболитовой и амфиболитовой фаций породы верхнеархейско-раннепротерозойского? возраста, относимые к Караганскому нижнему структурно-вещественному комплексу (СВК) и залегающие на них с угловым несогласием раннепротерозойские? отложения Анжинского верхнего структурно-вещественного комплекса. Все породы района изменены в условиях эпидот-амфиболитовой и амфиболитовой фаций регионального метаморфизма.

Вулканогенно-осадочные толщи Караганского и Анжинского СВК интрудируются мафитами и ультрамафитами кингашского дунит-перидотит-пикритового комплекса, ультамафитами идарского дунит-гарцбургитового комплекса и гранитоидами саянского комплекса. На изученной территории интенсивно проявлена пликативная и дизьюнктивная тектоника, выделяется два ведущих направления дизьюнктивных нарушений – северо-западное, совпадающее с общей структурой региона, и северо-восточное.

3. СТРОЕНИЕ МАФИТ-УЛЬТРАМАФИТОВЫХ ИНТРУЗИВНЫХ МАССИВОВ И АССОЦИИРУЮЩИХ ЭФФУЗИВНЫХ ТОЛЩ

Основным объектом изучения в рамках данной работы явились потенциально рудоносные породы мафит-ультрамафитовых комплексов, широко распространённые в пределах Кулибинского ПРУ. На рис. 1 схематично отражено его геологическое строение и расположение в его пределах продуктивных ультрамафитовых и мафит-ультрамафитовых массивов.

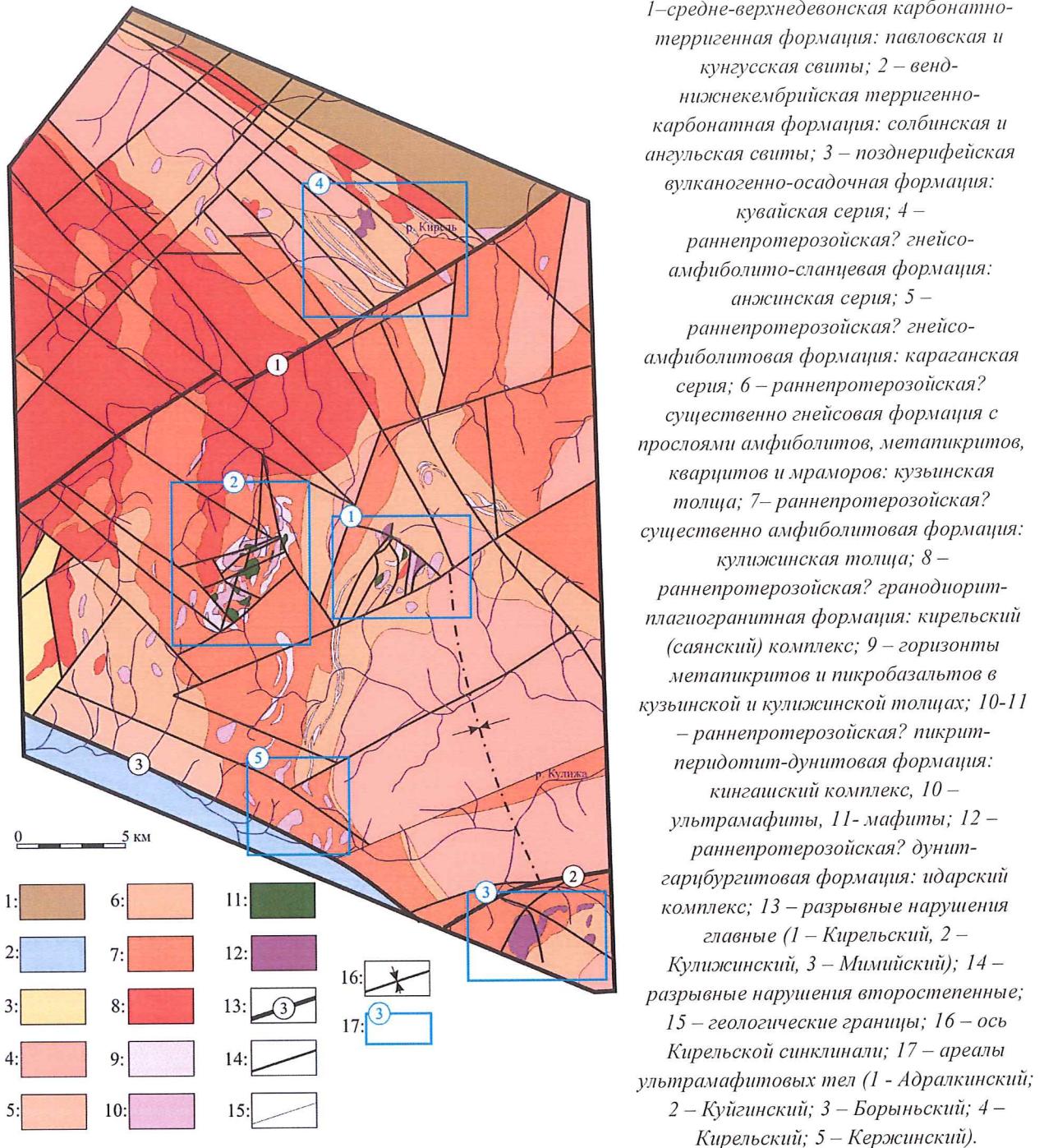


Рис. 1. Геологическая карта Кулибинского потенциального рудного узла (построена автором на основании материалов [Хаиров и др., 2015])

В пределах Кулибинского ПРУ можно выделить пять основных ареалов массивов: Адралкинский, Куйгинский, Кирельский, Кержинский и Борыньский. Потенциально рудоносные пикробазальты и пикриты пользуются наиболее широким распространением в метаэфузивных толщах вблизи перечисленных ареалов интрузивных ультрамафитовых тел, поэтому приводимое далее описание строения этих ареалов даёт исчерпывающую геологическую характеристику всех объектов, изученных в рамках данного исследования.

Адралкинский ареал расположен в западном крыле Кирельской синклинали вблизи её северного центриклинального замыкания в верхнем течении р. Адралка, левого притока р. Кулижи. Здесь, в приподошвенной части амфиболито-гнейсовой кузинской толщи, картируется группа малых тел ультрамафитового и мафит-ультрамафитового

состава кингашского комплекса, с которыми ассоциируют вулканиты базальт-пикритовой серии.

Куйгинский ареал располагается в истоках рр. Куйга и Кулижа, сложен ассоциацией метавулканитов пикрит-базальтовой и толеитовой серий, которые вмешиваются в группу тел ультрамафитов кингашского комплекса с подчинённым количеством массивов габброидов.

Кирельский ареал располагается в среднем течении р. Кирель в районе устья р. Шумиха. В пределах ареала откартировано 2 группы ультрамафитовых тел: на севере – линзы ультрамафитов идарского комплекса, прорывающие гнейсово-сланцевые с горизонтами амфиболитов горизонты кузьинской толщи; на юге – пластообразные тела ультрамафитов кингашского комплекса, интрузирующих гнейсово-амфиболитовые отложений кулижинской толщи.

Кержинский ареал расположен в истоках р. Кержа, левого притока р. Кулижа. Здесь, в западном крыле Кирельской синклиналии, группа мелких ультрамафитовых тел субсогласно залегает в метапикритах и метабазальтах кулижинской толщи.

Борыньский ареал располагается в бассейне р. Борынь, правого притока р. Большой Кулижа и объединяет одноимённый ультрамафитовый массив и группу его мелких сателитов. Он приурочен к группе разрывных нарушений, оперяющих Кулижинский разлом с юга, в зоне контакта кулижинской и кузьинской вулканогенно-осадочных толщ.

4. ПЕТРОГРАФИЧЕСКАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА ПРОДУКТИВНЫХ ИНТРУЗИВНЫХ ОБРАЗОВАНИЙ И ВУЛКАНИЧЕСКИХ ТОЛЩ

4.1 Петрография

Породы **кингашского комплекса** представлены двумя сериями: ультрамафитовой (дуниты, верлиты, лерцолиты, кумулятивные пикриты) и мафитовой (клинопироксениты и габброиды). Отличительной особенностью пород кингашского комплекса является наличие кумулятивных и порфировых структур, что свидетельствует об относительно малой глубине их образования. Преобладают среди пород комплекса дуниты и пикриты.

Идарский комплекс представлен дунитами, гарцбургитами, ортопироксенитами и образовавшимися по ним серпентинитами. Эти породы – реститовые мантийные образования, перемещённые в верхние этажи литосферы по глубинным надвигам. Для них характерны гранобластовые, порфирокластовые и мозаичные структуры, образовавшиеся как результат пластических деформаций, которым подверглись породы.

Вблизи относительно крупных разломов в ультрамафитах кингашского и идарского комплексов широко проявлены процессы метасоматоза, результатом которых стало формирование пород, условно объединённых в группу *апоультрамафитовые метасоматиты*. Это микро- и мелкозернистые породы с разнообразными бластоструктурами и однородной, сланцеватой, либо пятнистой текстурой. Породы сложены оливином, тальком, tremolитом, серпентином, кальцитом, хлоритом в различных количественных сочетаниях вплоть до мономинеральных.

В пределах Кулибинского ПРУ широко распространены породы **вулканических мафит-ультрамафитовых комплексов**, которые обнаружены в кулижинской и кузьинской вулканогенно-осадочных толщах. В результате реконструкции исходного состава пород, выделяются следующие их разновидности: метапикриты, метапикробазальты, метабазальты 1-го типа, метабазальты 2-го типа, метаандезиты и метадактилы. Для этих пород характерны бластоструктуры и различные сочетания амфиболов, плагиоклаза/состюрита, серпентина, талька, хлорита, эпидота, кальцита, кварца и клиноцизита.

Крупные тела габброидов в пределах Кулибинского ПРУ не обнаружены, а с мелкими дайками часто ассоциируют поля *апобазальтовых метасоматитов*. При интенсивном метасоматозе сами габброиды преобразовываются в мелкозернистые

агрегаты актинолита-альбита-серицита-эпидота-клиноциоизита в разных количественных соотношениях.

Гранитоиды представлены мелко-среднезернистыми плахиогранитами, микрогранитами и гранодиоритами, в составе которых в различном соотношении наблюдаются кварц, плахиоклаз, калишпат и слюды. С плахиогранитами ассоциируют зональные **аногранитные метасоматиты**, состав которых изменяется следующим образом: рудные плахиограниты с сидеронитовой и брекчевой структурой – биотитовые амфиболиты с сидеронитовой структурой – кварц-гранатовые амфиболиты – биотитовый амфиболит.

4.2 Особенности минералогического состава

В ультрамафитах кингашского комплекса Кулибинского ПРУ отчётливо выделяются две генерации **оливина**: первая по химическому составу соответствует магнезиальному хризолиту ($Fa \sim 12\%$), вторая – хризолиту ($Fa = 21,2-26,8\%$). В Кингашском РР по составу оливин делится на две группы: оливин ранних дифференциатов с $Fa = 12-15\%$ и оливины поздних дифференциатов с $Fa = 18-21\%$. Оливины ультрамафитов идарского комплекса Кулибинского ПРУ существенно отличаются от оливинов кингашского комплекса и соответствуют форстериту ($Fa = 4,7-9,71\%$).

В составах **клинопироксенов** Кулибинского ПРУ проявляется существенная неоднородность. Клинопироксены в верлитах относятся к авгиту, а в пикритах и клинопироксенитах – к диопсиду. В ультрамафитах Кингашского РР выделено 2 генерации пироксена, первая из которых представлена клиноэнстатитом, а вторая – диопсидом.

Амфиболы в пределах Кулибинского ПРУ обнаруживаются практически во всех разновидностях исследованных пород, их состав широко варьирует. По минералам дунитов как кингашского, так и идарского комплексов образуются tremolиты близкого состава, по минералам кумулятивных пикритов кингашского комплекса и афировых пикритов кулижинской и кузьинской толщ – актинолиты со значительными вариациями состава. По минералам метабазальтов 1-го типа, как и по габброидам Кингашского РР, развивается магнезиальная роговая обманка, реже – ферропаргасит. В метабазальтах 2-го типа обнаруживается чермакит, с составом, граничным к роговой обманке, а в пироксенитах кингашского комплекса – амфибол со схожим составом, но повышенной щёлочностью, по классификации отнесённый к ферроэденитам. Обособленную группу на диаграммах образуют ферроэдениты рудных метасоматитов, образованных в приконтактовых частях тел гранитоидов.

Ортопироксены в пределах Кулибинского ПРУ наблюдаются преимущественно в породах идарского комплекса. По своему составу они соответствуют энстатиту малоглиноземистого типа.

5. РУДНАЯ МИНЕРАЛИЗАЦИЯ

5.1. Ассоциации рудных минералов

В пределах Кулибинского ПРУ выделено одиннадцать рудоопределяющих породных ассоциаций, которые характеризуются своей оригинальной металлогенической специализацией.

Для **ранних дифференциатов кингашского комплекса** характерна бедная до убогой сульфидно-оксидная минерализация. Среди рудных минералов преобладают хромшпиннелиды, образующие ксеноморфные зёрна размером в десятие доли мм, располагающиеся в интеркумулусном материале и слагающие до 5% породы. В подчинённом количестве (доли %) отмечаются железоникелевые сульфиды, образующие мелкие (0,01-0,05 мм) каплевидные сростки, которые обрастают и замещают магнетит.

Для **поздних дифференциатов кингашского комплекса** характерна бедная сульфидно-оксидная минерализация. Оксиды представлены магнетитом двух генераций и

слагают до 5% породы. Сульфиды представлены эпигенетической вкрапленностью пирита и пирротина, реже – халькопирита. Они редко слагают более 1% породы и обнаруживаются в виде рассеянной вкрапленности.

Клинопироксениты среди поздних дифференциатов кингашского комплекса выделяются более богатой сульфидной минерализацией (10-20 %) при полном отсутствии оксидов в породе. Рудные минералы представлены пиритом, пирротином и халькопиритом. На участках обогащения сульфидами отмечается брекчевая структура, где фрагменты клинопироксенитов цементируются перетёрым силикатным материалом и сульфидами. На участках, где сульфиды слагают 10 % и менее – отмечается сидеронитовая структура.

Ультрамафиты идарского комплекса характеризуются акцессорной вкрапленностью хромшпиннелидов до 5-7%, в разной степени замещённых магнетитом, и спорадически проявленной убогой вкрапленностью железо-никелевых сульфидов, обычно замещаемых вторичными. Форма выделений сульфидов, их состав и приуроченность к краевым частям, либо мелким массивам, говорит об эпигенетической природе.

Метабазальты 1-го типа вмещают рассеянную ильменит-магнетитовую вкрапленность на уровне 1-2 %, оксиды слагают зёрна размером в десятые доли мм, которые, как правило, ксеноморфны. Сульфиды в данной ассоциации наблюдаются в виде отдельных струек и цепочек вдоль сланцеватости лабо директивности пордообразующих минералов и представлены пиритом и халькопиритом с редкими зёрнами пирротина.

Метабазальты 2-го типа вмещают сульфидно-оксидную минерализацию, в которой главными минералами являются пирит, халькопирит и магнетит. Они образуют агрегаты и скопления вкрапленных зёрен до 0,5 мм, количество которых на обогащённых участках достигает 10-15

Для **метапикритов** характерна однообразная рассеянная сульфидная вкрапленность на уровне 1-5%. Рудные минералы представлены пирротином и халькопиритом, которые образуют зёрна размером в десятые доли мм.

Апомафитовые метасоматиты, расположенные в приконтактовых частях даек габброидов, вмещают обильную сульфидно-оксидную минерализацию. В таких метасоматитах рудная минерализация разнообразна и в ней обнаруживается зональность, выраженная в изменении соотношений пирротина, рутила, графита, халькопирита и пирита.

С некоторыми телами гранитоидов саянского комплекса, как и с вышеописанными габброидами, связаны ареалы **апогранитных метасоматитов**, вмещающих рудную минерализацию. Здесь богатая вкрапленность пирротина, халькопирита, пирита, ильменита и магнетита имеет отчётливую зональность, выраженную в изменении соотношений этих минералов по мере удаления от контакта дайки гранитоидов.

Апоультрамафитовые метасоматиты образованы за счёт дунитов кингашского и идарского комплексов и наблюдаются вблизи разрывных нарушений, пересекающих тела дунитов. Они характеризуются не богатой (до 5-7%), но достаточно разнообразной сульфидно-оксидной рудной минерализацией.

В **приконтактовых частях ультрамафитов идарского комплекса** обнаруживаются тела магнетитовых руд. Руды представляют собой густую вкрапленность магнетита и титаномагнетита в аподунитовых серпентинитах, где магнетит слагает от 30 до 60 об.% породы.

5.2. Особенности состава рудных минералов

Хромшипинелиды в ультрамафитах Кулибинского ПРУ метаморфизованы до магнетитов и хроммагнетитов, свежие индивиды в изученных образцах отсутствуют.

Пирротины в Кулибинском ПРУ отмечаются практически во всех рудных минеральных ассоциациях, и во многих из них являются преобладающими минералами. Пирротины во всех ассоциациях обнаруживают близкий состав, характерный для

высокотемпературных магматических образований. Для них характерна повышенная сернистость при пониженной железистости, постоянные примеси Со на уровне 0,1-0,2%, Ni на уровне 0,05-0,15% и практически полное отсутствие примесей Cu. Для Кингашского РР, напротив, характерны высокожелезистые пирротины с существенно меньшими примесями Со и Ni, и большими – Cu.

Пентландиты в породах Кулибинского ПРУ существенно более никелестые и менее сернистые, чем пентландиты Кингашского РР. Они, в отличие от кингашских, отвечают «среднему стехиометричному» пентландиту с близкими соотношениями железа и никеля.

Пириты в изученных породах обнаруживаются повсеместно, их доля возрастает от ультрамафитов к мафитам, а в метасоматических образованиях они распространены неравномерно и отражают их зональность. В составе изученных пиритов отмечается значительная примесь кобальта (до 3,77%), а также примесь никеля (до 0,33%).

Халькопириты Кулибинского ПРУ характеризуются составом, близким к стехиометричному, примесью кобальта на уровне 0,05% и примесью свинца в отдельных зёрнах. Состав халькопиритов неизменен во всех минеральных ассоциациях, как в магматических, так и в метасоматических.

Теллурид свинца **алтait** был обнаружен в клинопироксенитах кингашского комплекса в виде отдельного включения в силикатной матрице и само его наличие в парагенезисе с водосодержащими минералами (апатитом) в породах с повышенными концентрациями P₂O₅ говорит о насыщенности поздних дифференциатов кингашского комплекса остаточным флюидом.

Фазовым анализом в отдельных пробах установлены сотни знаков металлического палладия, однако **минералы платиноидов** в шлифах и образцах на микрозондовые исследования не обнаружены, что связано с размерностью частиц благородных металлов – все обнаруженные в ходе сцинтиляционного атомно-эмиссионного анализа частицы палладия имеют размер менее 5 мкм, в связи с чем их обнаружение в ходе микроскопической аттестации затруднительно.

6. ПЕТРОГЕОХИМИЧЕСКАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА МАГМАТИЧЕСКИХ ОБРАЗОВАНИЙ КУЛИБИНСКОГО ПРУ

6.1. Петрохимические особенности изученных пород

По результатам анализа распределения петrogenных элементов и его сопоставления с результатами геологических наблюдений и петрографической аттестации пород, в пределах Кулибинского ПРУ выделено 4 серии вулканических и 3 серии интузивных пород.

6.1.1 Вулканиты

Вулканиты пикрит-базальтовой серии образуют на диаграммах обособленное поле и по петрохимическим особенностям соотносимы с перидотитовыми коматиитами, базальтовыми коматиитами и высокомагнезиальными толеитовыми базальтами. В отличие от пород других серий, в них отмечается тренд увеличения концентраций CaO с падением магнезиальности. Магнезиальность пород в ходе эволюции изменяется линейно, достигая минимальных значений MgO равных 10-12 %. Породы пикрит-базальтовой серии в пределах Канского и Идарского ЗКП близки по составу и образуют на диаграммах единое поле, которое отвечает полям составов известных ЗКП мира, однако между породами этих регионов имеются некоторые отличия, которые связаны с наиболее магнезиальными разностями, отвечающими по составу перидотитовыми коматиитами. Меланопикриты Идарского ЗКП отличаются несколько повышенной титанистостью и отношениями MgO/Al₂O₃ и CaO/Al₂O₃ и, в отличие от меланопикритов Канского ЗКП, не попадают в поле «классических» перидотитовых коматиитов по Конди.

Вулканиты толеитовой базальт-андезибазальтовой серии образуют на всех диаграммах компактные поля распределения фигуративных точек с трендом изменения состава от нормальных базальтов до андезибазальтов. Породы толеитовой серии по ряду параметров схожи с архейскими толеитами. На всех диаграммах поля толеитов расположены на продолжении трендов пикрит-базальтовой серии, что позволяет сделать вывод об общности процесса их образования.

Вулканиты бимодальной серии образуют на диаграммах обширное и протяжённое поле, одна часть которого соответствует умеренно щелочным пикробазальтам и базальтам, а вторая – дацитам. Поле вулканитов бимодальной серии на всех диаграммах обособлено и отражает эволюционные тренды, существенно отличающиеся от других серий по положению и направленности. От вулканитов других серий эти образования отличаются повышенной щёлочностью, железистостью и титанистостью. По составу дациты серии близки к дацитам архейских ЗКП второго типа, а мафиты – к базальтам континентальных рифтов.

Вулканиты известково-щелочной серии образуют на диаграммах компактное поле распределения фигуративных точек с трендом изменения состава от андезибазальтов до андезитов. В мафитовой части вулканиты серии обнаруживают некоторое сходство с описанными выше толеитами, однако по мере роста количества SiO_2 , отличия от толеитов становятся всё более явными. На части бинарных диаграмм породы известково-щелочной серии образуют обособленное поле распространения фигуративных точек, не пересекающееся с полями других серий. На диаграмме AFM видно, что составы мафитов серии отвечают известково-щелочным, в отличие от мафитов других серий. По составу породы серии близки к архейским андезитам первого и второго типов по Конди и к современным известково-щелочным андезитам островных дуг.

6.1.2 Интрузивные образования

В результате анализа, интрузивные образования мафит-ультрамафитового состава подразделены на два комплекса: *кингашский и идарский*.

Породы *кингашского комплекса* Канского ЗКП образуют поле, которое, с поправкой на влияние метаморфизма в отдельных образцах, совпадает с полем составов вулканитов пикрит-базальтовой серии. Вулканиты пикрит-базальтовой серии и породы кингашского комплекса обнаруживают единый тренд, отражающий эволюцию общего для них исходного высокомагнезиального расплава. Составы пород кингашского комплекса в Идарском ЗКП в целом соответствуют аналогичным породам Канского ЗКП, однако отмечается 2 существенных отличия. Первое отличие заключается в отсутствии аналогов поздних дифференциатов Канского ЗКП в Идарском ЗКП. Второе отличие – в существенно большей титанистости пород Идарского ЗКП, которая, нередко, отличается на порядок.

Породы *идарского комплекса* Канского ЗКП образуют обособленное поле, тренд изменения их состава схож с трендом пород кингашского комплекса по направлению, однако отличается по положению на диаграммах. Установлено, что ключевые петрохимические отличия пород кингашского от идарского комплексов заключаются в следующем: 1. Породы кингашского комплекса отличаются широкими вариациями состава и образуют тренды, отражающие эволюцию исходного расплава; породы идарского комплекса представлены дунитами и гарцбургитами, которые образуют компактные поля распространения фигуративных точек и для них не характерно наличие выраженных трендов изменения состава; 2. Породы идарского комплекса в целом менее железистые и более магнезиальные, чем породы кингашского комплекса; 3. В высокомагнезиальных разновидностях, где породы идарского и кингашского комплекса наиболее трудно различимы, ведущим петрохимическим критерием является относительная железистость $\text{Fe}^* = (\text{FeO}_{\text{общ}} / (\text{FeO}_{\text{общ}} + \text{MgO}))$. У пород идарского комплекса Fe^* колеблется в пределах 15-20% и не превышает 25%, у пород кингашского комплекса

Fe^* варьирует в пределах 25-45%. Граничное значение $\text{Fe}^*=25\%$ актуально как для Канского, так и для Идарского ЗКП. Отмечается также, что в породах кингашского комплекса зависимость Fe^* от концентраций SiO_2 прямопропорциональная, а в породах идарского комплекса – обратнопропорциональная; 4. Вспомогательным петрохимическим критерием является различие в концентрациях Al_2O_3 , CaO и TiO_2 . Суммарные концентрации $\text{Al}_2\text{O}_3 + \text{CaO}$ не превышают 1-2% в наиболее магнезиальных породах идарского комплекса и 5-7% в наименее магнезиальных. В породах кингашского комплекса концентрации этих компонентов в 2-4 раза выше. Породы идарского комплекса отличаются в целом существенно меньшей титанистостью, концентрации TiO_2 в них редко превышают 0,05%.

6.2. Геохимия редких элементов

6.2.1 Вулканиты

Вулканиты пикрит-базальтовой серии Канского и Идарского ЗКП близки к базальтам океанических плато, родоначальный расплав которых соответствовал примитивной мантии. По ряду критериев они обнаруживают также сходство с островодужными образованиями. Пикриты и пикробазальты характеризуются отчётливым обогащением лёгкими лантаноидами, при выполнении редкоземельного спектра в области тяжёлых лантаноидов. В Идарском ЗКП выделяется второй геохимический тип вулканитов ультраосновного состава, который характеризуется выположенными спектрами РЗЭ и лёгким обогащением Sm, Eu и Gd. Базальты серии по топологии спектров РЗЭ аналогичны вышеописанным пикритам первого геохимического типа и отличаются лишь несколько повышенными общими концентрациями РЗЭ. Вместе с пикритами они образуют единое поле и по характеру спектра схожи с архейскими толеитами типа ТН-2. Пикриты также делятся на 2 типа, различающихся общим уровнем концентраций ряда элементов, и, особенно, литофильными Ba, Rb, в области которых у пикритов второго типа отмечается явно выраженная положительная аномалия. Вероятно, пикриты первого типа отражают состав исходного высокомагнезиального расплава, тогда как пикриты второго типа – результат контаминации фрагментов коры этим расплавом. Базальты серии, как и пикриты, делятся на 2 типа, но если в части ультрамафитов количество пород разных типов приблизительно равно, то в базальтах отмечается значительное преобладание пород второго типа, обогащённого литофильными элементами.

Вулканиты толеитовой серии схожи с вулканитами пикрит-базальтовой серии и зачастую образуют с ними единое поле, что говорит об их формировании в схожих условиях из единого магматического источника. Образования этих двух серий схожи с вулканитами протерозойских ЗКП. Базальты толеитовой серии характеризуются умеренным обогащением лёгкими лантаноидами и пологонаклонными, близкими к ровным, спектрами. Общий уровень концентраций РЗЭ аналогичен базальтам пикрит-базальтовой серии. По характеру спектров РЗЭ схожи с архейскими толеитами типа ТН-1. В отличие от базальтов пикрит-базальтовой серии, толеиты менее интенсивно обогащены Ba и Rb и схожи с современными толеитами островных дуг.

Вулканиты известково-щелочной серии обоих ЗКП образуют обособленное поле, которое соответствует базальтам, сформированным в островодужных обстановках с родоночальным расплавом, соответствующим обогащённой мантии. В Идарском ЗКП известково-щелочные базальты близки к современным известково-щелочным породам островных дуг, тогда как в Канском ЗКП они более схожи с современными островодужными толеитами. Идарские известково-щелочные базальты характеризуются равномерно наклонными спектрами РЗЭ, а аналогичные породы Канского ЗКП формируют выположенные спектры РЗЭ с лёгким обогащением Sm, Eu и Gd. По характеру редкоэлементных спектров все изученные известково-щелочные вулканиты схожи с современными известково-щелочными базальтами.

Андезиты и дациты Канского ЗКП характеризуются крутонаклонными спектрами в области лёгких лантаноидов и пологонаклонными – в области тяжёлых. Андезиты наиболее схожи с архейскими андезитами ЗКП 2 типа А2, часть образцов обладает некоторым сходством с андезитами 1 типа А1. Спектр дацитов Канского ЗКП аналогичен спектру кислых вулканитов архейских ЗКП второго типа F2. Редкоэлементные спектры андезитов и дацитов близки к спектрам, типичным для протерозойских пород континентальных окраин и имеют некоторые отличия от спектров островных дуг в части Ta-Nb.

6.2.2 Интрузивные образования

Породы **кингашского комплекса** Канского ЗКП комагматичны вулканитам пикрит-базальтовой серии и формируют с ними единое поле. Породы кингашского комплекса Идарского ЗКП также комагматичны вулканитам пикрит-базальтовой серии, однако часть пород, относящихся к Кингашскому массиву, отличаются по соотношению ряда редких элементов и их родоначальный расплав интерпретируется как близкий к обогащённой мантии. Данный факт объясняется частичной контаминацией фрагментов континентальной коры и является важным при прогнозировании оруденения. В породах **кингашского комплекса** отмечается постепенное накопление РЗЭ в ходе дифференциации исходного расплава без изменения топологии спектров РЗЭ. Они характеризуются пологонаклонными спектрами, в ранних дифференциатах отмечается повышенное $\text{La}_\text{n}/\text{Lu}_\text{n}$ до 3-5. Концентрации РЗЭ растут от дунитов к пикритам, в отдельных образцах отмечается отрицательная Eu-аномалия. Анализ мультиэлементных спектров показал, что дуниты и перидотиты кингашского комплекса в Канском и Идарском ЗКП схожи по характеру распределения примесных элементов. В рудоносных массивах Кингашского РР повсеместно отмечается аномалия Zr-Hf положительного знака, что позволяет рассматривать наличие отрицательных Zr-Hf аномалий как критерий низкой перспективности массивов на Cu-Ni сульфидное оруденение. Ранние дифференциаты, в сравнении с поздними, существенно обеднены Nb, Sr, Zr, Hf, Ti, что связано с постепенным накоплением данных элементов в остаточном расплаве в ходе дифференциации.

Породы **идарского комплекса** в Канском и Идарском ЗКП характеризуются значительным преобладанием лёгких РЗЭ и значительно меньшими концентрациями тяжёлых РЗЭ в сравнении с породами кингашского комплекса. При сравнении с ультрамафитами офиолитовых комплексов Восточного Саяна видно, что характер спектра и концентрации РЗЭ в породах идарского комплекса значительно отличается и от них. Альпинотипные гипербазиты офиолитов формируют характерные «ковшообразные» спектры, тогда как спектры пород идарского комплекса представляют собой нечто среднее между спектрами пород кингашского комплекса и офиолитовых комплексов. Мультиэлементные спектры пород идарского комплекса в целом соответствуют ранним дифференциатам кингашского комплекса, за исключением РЗЭ и Y, концентрации которых существенно ниже.

6.3. Геохимия ведущих рудных компонентов

По соотношению Cr, Ni, Co, Cu и ЭПГ среди ультрамафитов выделены 6 популяций пород: вулканиты пикрит-базальтовой серии, вулканиты прочих серий, 2 типа ультрамафитов кингашского комплекса и 2 типа ультрамафитов идарского комплекса. Для каждой популяции выделены свои особенности, которые использованы при классификации изученных образований и составлении прогнозно-поисковых моделей. Ключевые различия между выделенными популяциями заключаются в соотношениях $\text{MgO}/\text{Ni}/\text{Cu}$, $\text{Ti}/\text{Ni}/\text{Cu}$, $\text{Cr}/\text{Ti-Ni}/\text{Cu}$, $\text{Pd}/\text{Ir} - \text{Ni}/\text{Cu}$. В ходе анализа характера изменчивости концентраций основных рудных компонентов в пределах Кулибинского ПРУ выделено 5 типовых разрезов мафит-ультрамафитовых комплексов: ритмично переслаивающаяся толща вулканитов пикрит-базальтовой серии; относительно крупные массивы

кингашского комплекса; крупные массивы «классического» идарского комплекса; массивы переходных идарских пород 1 типа; массивы переходных идарских пород 2 типа. Для каждого типа разреза выявлены свои закономерности распределения рудных компонентов, которые были использованы при разработке комплекса критериев и прогнозно-поисковой модели оруденения. Общие выводы из анализа распределения рудных компонентов в разрезах разного типа следующие:

1. Вулканиты пикрит-базальтовой серии характеризуются ритмичным строением, к подошве ритмов отмечается накопление Cr, Ni, Co, Pd при снижении концентраций Ag, Cu и Ti. При этом для всех элементов кроме титана от ритма к ритму отмечается постепенное увеличение пиковых концентраций. Геохимический профиль толщи вулканитов отражает ход процессов магматической дифференциации и схож с рудоносными расслоенными интрузиями, в том числе – с Кингашским массивом;
2. Ранние дифференциаты кингашского комплекса характеризуются слабой отрицательной корреляцией между Ni и Cu, Ni и Ti, резко изменчивыми концентрациями Pd при близких Cr и Ni. По соотношению рудных компонентов ранние дифференциаты схожи с породами массива Токты-Ой. По разрезу ранних дифференциатов отмечается накопление Cr, Ni, Co; благородные металлы коррелируют с титаном, однако их наиболее высокие концентрации зафиксированы в приподошвенных частях;
3. Поздние дифференциаты кингашского комплекса характеризуются отчётливым антиподным распределением Ni с Cu и Ti, положительной корреляцией между концентрациями Pd и Cr с Ni. Ультрамафитовая часть вулканитов пикрит-базальтовой серии схожа с поздними дифференциатами кингашского комплекса и вместе они близки к породам массива Желос. В разрезе поздние дифференциаты характеризуются изрезанным геохимическим профилем, схожим с «платиноидным горизонтом» Кингашского месторождения;
4. Породы идарского комплекса характеризуются незначительным снижением общей хромистости при возрастании концентраций титана, а по характеру соотношений Pd с основными рудными элементами они схожи с ранними дифференциатами кингашского комплекса. По характеру распределения рудных элементов они схожи с ультрамафитами офиолитовых комплексов, однако среди них выделяется 2 популяции, одна из которых обладает чертами магматических пород кингашского комплекса. Геохимический профиль в разрезах массивов идарского комплекса схож с профилем магматических образований кингашского комплекса и вулканитов пикрит-базальтовой серии, что говорит об общем источнике и существенно меньшей в сравнении с офиолитами степени деплетированности;
5. Метасоматиты по ультрамафитам идарского комплекса характеризуются антиподным распределением Pd с Ni и Cr, обладая чертами не характерными для магматических пород.

Также изучены разрезы апогаббровых метасоматитов, которые характеризуются: отчёлтым привносом никеля, серебра и выносом свинца на протяжении всей зоны метасоматоза; привносом Ti и Co в метасоматиты в непосредственной близости от рудоносных даек, и выносом – в краевых частях зон метасоматоза; обогащением экзоконтактов рудоносных даек Cu, Zn, Sn; повышенные/пониженные концентрации прочих элементов обусловлены не процессами метасоматоза, а составом исходных пород.

7. Р-Т УСЛОВИЯ ФОРМИРОВАНИЯ УЛЬТРАМАФИТОВ

Оценка температуры и давления, при которых сформированы различные магматические образования исследуемой территории, проведена в результате анализа состава сосуществующих клинопироксенов, а также анализа оливин-хромшипинелевых равновесий. Установлено, что наиболее применимым из оливин-хромшипинелевых термометров, является термометр Фабри. Для дунитов кингашского комплекса

температура становления массивов принимается равной ~ 1261 $^{\circ}\text{C}$. Для дунитов идарского комплекса характерны температуры образования в диапазоне $1200\text{-}1350$ $^{\circ}\text{C}$, для гарцбургитов – $1236\text{-}1418$ $^{\circ}\text{C}$, расчёты по образцу ортопироксенитов показывают температуру равновесий равную 1306 $^{\circ}\text{C}$. При исследовании пород кингашского комплекса наиболее информативными оказался клинопироксеновый термобарометр по Keith D. Putirka. Установлено, что верлиты кингашского комплекса в пределах Кулибинского ПРУ образованы в диапазоне температур $1195\text{-}1326$ $^{\circ}\text{C}$ и давлений $4,15\text{-}11,13$ кБар, пикриты – при температурах около 1220 $^{\circ}\text{C}$ и давлениях около $8,4$ кБар, клинопироксениты – при температурах около 1170 $^{\circ}\text{C}$ и давлениях около $5,7$ кБар. В сравнении с породами Кингашского массива, для Кулибинского ПРУ отмечаются несколько более высокие температуры (\sim на 200 $^{\circ}\text{C}$ выше) и пониженные давления (на $4\text{-}5$ кБар ниже) становления массивов верлитов, пикритов и клинопироксенитов. В ходе эволюции расплава при снижении его магнезиальности постепенно снижалось и давление в магматической камере. Клинопироксены, позже вошедшие в состав верлитовых тел, кристаллизовались при постепенно снижающихся с 1326 $^{\circ}\text{C}$ до 1195 $^{\circ}\text{C}$ температуре и с 11 кБар до 4 кБар давлении. Далее, на определённой стадии эволюции расплава произошло резкое повышение температуры и давления кристаллизации клинопироксенов, в результате чего куммулятивные пикриты и клинопироксениты сформированы при существенно больших температуре и давлении, чем поздние верлиты. Схожий скачок Р-Т условий наблюдается и на ранних этапах эволюции исходного расплава – наиболее ранние высокомагнезиальные куммулятивные дуниты сформированы при температурах \sim на 100 $^{\circ}\text{C}$ ниже, чем поздние железистые дуниты и ранние верлиты. Такие скачкообразные изменения расчётных Р-Т условий формирования связаны с контаминацией расплавом карбонатных пород, которая происходила в два этапа: на ранней стадии эволюции расплавом были ассимилированы магнезиты, на поздней – кальцитовые породы.

8. ПОТЕНЦИАЛЬНАЯ РУДНОСТЬ МАГМАТИЧЕСКИХ ОБРАЗОВАНИЙ КУЛИБИНСКОГО ПРУ

8.1. Типы потенциально значимой рудной минерализации

В мафит ультрамафитовых комплексах Кулибинского ПРУ выделяется 5 потенциально значимых типов рудной минерализации:

1. Смешанные магматические/эпимагматические сульфидные медь-никель-платиноидные руды, аналогичные рудам Кингашского месторождения. Потенциально рудоносными являются ранние и поздние дифференциаты кингашского комплекса. Учитывая все факторы сделан вывод о крайне низких перспективах обнаружения промышленно значимых скоплений сульфидных медь-никель-платиноидных руд на изученной территории.
2. Эпимагматические малосульфидные платинометальные руды. Рудоносными являются поздние дифференциаты кингашского комплекса и вулканиты пикрит-базальтовой серии. «Контактовые» малосульфидные платинометальные руды в базальных частях массивов являются наиболее перспективными на обнаружение промышленно значимых концентраций рудных компонентов. Малосульфидные же платинометальные «крифы» в зоне перехода мафиты-ультрамафиты, хоть и не вмещают достаточно высоких концентраций ЭПГ, являются критерием выявления протяжённых богатых руд, не выявленных ранее;
3. «Офсетные» медь-серебро-палладиевые руды метасоматического происхождения, связанные с дайками габброидов и гранитоидов в зоне их взаимодействия с породами кингашского комплекса и вулканитов пикрит-базальтовой серии. Наибольшей практической ценностью обладают толщи бимодальной серии, прорванные дайками гранитоидов. Здесь сформированы специфические «палладиевые горизонты», суммарная мощность которых достигает 100 м;

4. Метаморфогенно-метасоматические малосульфидные палладиевые руды, связанные с апоультрамафитовыми породами в приконтактовых частях массивов кингашского и идарского комплексов. На сегодняшний день такие палладиеносные метасоматиты не имеют практического интереса, однако в будущем, при совершенствовании технологий обогащения, они могут стать дополнительным источником благородных металлов;
5. Позднемагматические хромитовые и хром-платиноидные руды, связанные с породами идарского комплекса. Учитывая масштабы известных проявлений хромитов, характер их рудной минерализации и химический состав, можно сделать вывод о низкой перспективности ультрамафитов Кулибинского ПРУ на обнаружение промышленно значимых скоплений таких руд.

8.2. Особенности продуктивной рудной минерализации, прогноз рудоносности и сравнение с месторождениями-аналогами

Как указано выше, наибольшей промышленной значимостью в районе пользуются малосульфидные платинометальные руды. В изученных образцах из мафит-ультрамафитовых тел Кулибинского ПРУ концентрации ЭПГ изменяются от сотых долей г/т до 1 г/т. По ряду выработок выделены интервалы до 12 м мощностью со средними содержаниями более 0,5 г/т. Повышенные концентрации палладия в пробах подтверждены фазовым анализом в виде тонких частиц металлического Pd (100–350 знаков при просыпке 50 г порошка).

Наиболее значимые рудные тела приурочены к приподошвенным kontaktам вулканических и интрузивных пикритов, где выявлены платиноносные горизонты мощностью 8 м с содержаниями 0,8 – 1,0 г/т. Закономерности распределения палладия в телах метапикритов следующие: от кровли к подошве (как отдельных пластов, так и сближенных тел метапикритов, объединённых в пачки) отмечается закономерное увеличение концентраций палладия; за пределами пикритовых тел концентрации резко падают. Самые высокие в пределах рудного узла концентрации ЭПГ обнаружены в нижних частях пикритовых пачек; здесь же обнаружена равномерно вкрашенная пирит-пирротин-халькопиритовая минерализация на уровне ~5%, что в полтора-два раза выше, чем в верхних частях пикритовой толщи. Для разреза пикритовой толщи характерно циклическое распределение Cr, Ni и ЭПГ. На экзоконтакте ниже подошвы рудоносных ультрамафитов отмечаются повышенные до 0,2 г/т концентрации серебра, мощность зоны повышенных концентраций серебра – около 5 м, с постепенным снижением концентраций по мере удаления от контакта.

Вторыми по значимости являются оффсетные руды, расположенные на некотором удалении от тел ультрамафитов. Наиболее перспективны – толщи вулканитов бимодальной серии, сопряжённые с поздними дифференциатами кингашского комплекса и дайками гранитоидов. В таких толщах выделены многочисленные тела с содержаниями палладия свыше 0,5 г/т. Мощности их колеблются от 1 до 12 м, средние содержания палладия от 0,54 до 0,76 г/т (максимальное по отдельным пробам до 0,98 г/т). Группы сближенных в разрезе тел палладиевых руд маркируют палладиеносные пачки. Здесь выделяются рудные тела двух типов: 1. Тела, приуроченные непосредственно к kontaktам даек плагиогранитов, пронизывающих палладиеносную толщу. 2. Тела, приуроченные к kontaktам разностей пород бимодальной серии (чаще всего – к приподошвенным частям горизонтов метадиабазитов). Сближенные тела первого и второго типа образуют зоны до 12 м мощностью. Формирование обоих типов оффсетных руд произошло в результате единого процесса гидротермального перераспределения ЭПГ в ходе наложенного на ЭПГ-продуктивные толщи гранитного магматизма.

В случае с платинометальными рудами, непосредственно в телах мафит-ультрамафитовых рудоносных комплексов Кулибинского ПРУ существует 2 механизма концентрирования ЭПГ:

1. Развитие высокого R-фактора в процессе кристаллизации расслоенных интрузий, что ведет к аккумуляции рассеянных (0,5 - 3 %) вкрапленных сульфидов в определенных слоях. Основной механизм при формировании платинометальных малосульфидных руд в верхних горизонтах расслоенных комплексов на границе мафитовой и ультрамафитовой их частей (стратиформные руды или «платиноидные рифы»). Такие руды, как указано выше, на данном этапе не имеют промышленной значимости;
2. Сегрегация богатой ЭПГ несмесимой сульфидной жидкости до или во время внедрения силикатной магмы. Наиболее значимый механизм для изученной части мафит-ультрамафитовых комплексов Кулибинского ПРУ. В результате сегрегации богатой ЭПГ несмесимой сульфидной жидкости сформированы рудные тела в приподошвенных частях ультрамафитов расслоенных комплексов (вулканических и интрузивных) на эндо- и экзоконтактах ультрамафитов (базальные или контактовые руды).

По комплексу признаковрудопроявления Кулибинского ПРУ обнаруживают сходство с платинометальными проявлениями Восточно-Саянской металлогенической провинции: массивов Желос, Токты-Ой, Огнит, Тартай. В качестве дальнего аналога может рассматриваться месторождение Контиярви (расслоенные интрузии комплекса Портимо, Финляндия). Кингашское месторождение, несмотря на схожесть геологии, распределения рудных компонентов в разрезе и принадлежность к одному магматическому комплексу, в качестве ближнего аналога рассматривается не может в связи с различным типом оруденения (непосредственно в Кингашском массиве малосульфидные руды не выявлены).

9. ПЕТРОГЕНЕТИЧЕСКИЕ ВЫВОДЫ

9.1. Геодинамические обстановки формирования продуктивных толщ

На основании имеющихся материалов проведена палеогеодинамическая реконструкция. Установлено, что Канский и Идарский ЗКП представляют собой неопротерозойские коллизионно-аккреционные орогены, образованные на месте окраинно-континентальной палеосубдукционной зоны. Продуктивные вулканиты мафит-ультрамафитового состава сформированы в обстановках задугового спрединга, формирование родоначального расплава связано с переплавлением материала океанического плато, поступавшего в зону субдукции. В окончательном виде изученные ЗКП сформированы после закрытия задугового бассейна в ходе коллизионно-акреционных событий, с которыми, в том числе, было связано формирование гранитных plutонов и ряда даек плагиогранитов, насыщающих толщи ЗКП.

9.2. Генезис продуктивных магматических образований

Родоначальный для продуктивных мафит-ультрамафитовых образований расплав эволюционировал в магматической камере, расположенной под задуговым бассейном, в ходе его эволюции происходило постепенное снижение магнезиальности с формированием всё более кислых разновидностей эфузивов – от меланопикритов (коматитов) до железистых базальтов. В ходе эволюции расплава происходило формирование кумулаторов оливина и пироксена, их гравитационная отсадка и фракционирование. В нижних частях камеры, где накапливалось достаточно большое количество кумулаторов, формировались тела, позже интрудировавшие вулканические толщи пикрит-базальтовой серии – массивы кингашского комплекса. Неоднородность условий в магматической камере и ритмичное проявление кратковременных процессов сжатия на фоне растяжения в условиях задугового бассейна стали причиной появления группы небольших и существенно различающихся массивов ультрамафитов кингашского комплекса на достаточно обширной территории Канского и Идарского ЗКП. Формирование тел ультрамафитов происходило в несколько этапов:

1. На ранней стадии эволюции расплава произошла контаминация магнезитов, ассимиляция которых вызвала повышение магнезиальности расплава и выделение значительного количества CO_2 . Из-за неоднородных условий в магматической камере повышение магнезиальности расплава происходило неравномерно. Флюидонасыщенность части камеры инициировала отжимку высокомагнезиального расплава с оливиновыми кумулатами, которые сформировали малые тела (дайки и мелкие силлы) дунитов. В процессе посткумулусного переуравновешивания с высокомагнезиальным интеркумулусным расплавом произошло формирование низкожелезистых оливинов в мелких дунитовых телах кингашского комплекса. На данном этапе в ультрамафитах не было достаточного количества серы, а также не возникло условий её несмесимости с расплавом, ввиду чего такие тела крайне бедны сульфидами.

2. Избыток CO_2 в высокомагнезиальном расплаве при давлениях ниже 25-30 кБар вызывает повышение температуры кристаллизации оливина и пироксенов. Обогащение расплава углекислотой вызвало изменение Р-Т условий в магматической камере и повышение температуры формирования кумулатов поздних дунитов и верлитов кингашского комплекса. При этом условий для проявления несмесимости сульфидного вещества не возникло. На этом этапе сформированы тела дунитов и верлитов в пределах Кулибинского ПРУ.

3. На поздней стадии эволюции расплава произошла контаминация значительной массы карбонатов кальцитового состава, вероятно обогащённых серой. Новое обогащение расплава CO_2 вызвало аналогичные вышеописанным изменения условий в магматической камере и повышение температуры кристаллизации кумулатов. В ходе последующей дифференциации в остаточном расплаве накапливались летучие компоненты и на определённом этапе произошло выделение сульфидного вещества из расплава. На этом этапе сформированы тела пикритов и клинопироксенитов в пределах Кулибинского ПРУ, последние нередко образуют брекчиевидные и сидеронитовые структуры.

Описанное выше характеризует становление массивов в пределах Кулибинского ПРУ, тогда как для Кингашского ПР характерна другая этапность:

1. На этапе формирования ранних дифференциатов, в то время как «Канский» фрагмент магматической камеры ассимилировал магнезиты, «Идарский» фрагмент ассимилировал богатые серой кальциты, которые, вероятно, приурочены к одной стратиграфической толще. Продуктивные породы Кингашского ПР обогащены рядом литофильных и редких малоподвижных элементов.

2. Уже на ранних этапах эволюции в «Идарском» фрагменте камеры произошло насыщение серой и несмесимость сульфидного вещества. Сульфид аккумулировал никель из силикатного расплава и формировал в дунитах вкрашенные до сидеронитовых структуры. При этом сульфидное вещество, взаимодействуя с силикатным расплавом, аккумулировало из него ЭПГ, в результате чего образовались комплексные платино-медно-никелевые руды.

3. На поздних этапах, аналогично Кулибинскому ПРУ, произошло формирование брекчиевидных тел, в которых произошло перераспределение рудных компонентов и образование богатых руд.

Итогом перечисленных выше процессов стало формирование двух значимо различающихся рудных районов: Кингашского, богатого сульфидными медь-никель-платиноидными рудами, и Канского (фрагментом которого является Кулибинский ПРУ), перспективного преимущественно на малосульфидные платинометальные руды.

Такие различия могут быть связаны не только со значительными неоднородностями в пределах единой магматической камеры, но и с формированием раздельных магматических камер для фронтальной и тыловой частей задугового бассейна. О такой вероятности свидетельствует отсутствие в тылу Идарского пояса крупных

гранитных плутонов. Ещё одной причиной может быть наличие ряда разделённых проводниками магматических камер, в каждой из которых накопление рудных компонентов происходило неоднородно.

9.3. Генезис руд исследованной территории

Потенциал рудоносности Кулибинского ПРУ связан с малосульфидными платинометальными рудами, приуроченными к базальным частям массивов пикритов кингашского интрузивного комплекса и вулканической пикрит-базальтовой серии. В ассоциации с ними рассматриваются «оффсетные» сульфидные медь-серебро-пallадиевые руды, расположенные на некотором удалении от рудоносных массивов во вмещающих вулканитах и связанные с перераспределением рудных компонентов в ходе последующего гранитного магматизма. Дополнительным источником ЭПГ могут служить малосульфидные платинометальные стратiformные залежи в верхних частях расслоенных мафит-ультрамафитовых комплексов, образованные в результате позднемагматических и/или автометасоматических процессов.

Рудные тела в приподошвенных частях ультрамафитов расслоенных комплексов (вулканических и интрузивных) на эндо- и экзоконтактах ультрамафитов (базальные или контактовые руды) сформированы в результате сегрегации богатой ЭПГ несмесимой сульфидной жидкости. По механизму концентрирования ЭПГ данные образования Кулибинского ПРУ схожи с платинометальными месторождениями маргинальной серии комплекса Портимо, Финляндия.

Формирование платинометальных малосульфидных руд в верхних частях расслоенных комплексов на границе мафитовой и ультрамафитовой их частей (стратiformные руды или «платиноидные рифы») связано с развитием высокого R-фактора в процессе кристаллизации расслоенных интрузий, что привело к аккумуляции рассеянных (0,5 - 3 %) и богатых ЭПГ вкрапленных сульфидов в определенных слоях. Не исключено, однако, что при формировании таких руд существенную роль сыграло позднемагматическое гидротермально-метасоматическое перераспределение ЭПГ, что характерно для малосульфидных руд Норильска и платинометальных рифов Кингаша.

Специфические «оффсетные» сульфидные медь-серебро-пallадиевые руды сформированы в результате перераспределения рудных компонентов первичных магматических руд под воздействием наложенного гранитоидного магматизма. Непосредственно с мелкими дайками плагиогранитов и гранодиоритов связаны маломощные зоны обогащения серебром и палладием на их экзоконтактах во всех разновидностях пород, пространственно близких к продуктивным мафит-ультрамафитовым толщам. С воздействием гидротермальных растворов, связанных с гранитоидным магматизмом, связаны рудные тела, приуроченные к контактам разностей пород бимодальной серии (чаще всего – к приподошвенным частям горизонтов метадактилов). Вероятно, области контактов разностей представляют собой наиболее проникаемые участки толщи, по которым шёл ток гидротермальных растворов. Наиболее крупные проявления таких руд связаны именно с толщами пикрит-базальтовой серии, где группы оффсетных рудных тел разного типа образуют мощные рудоносные толщи.

Итогом комплекса процессов рудообразования стало формирование малосульфидных палладиевых руд в базальных частях мафит-ультрамафитовых тел и стратiformных «рифов» в верхних частях этих же тел. В ходе наложенного гранитоидного магматизма произошло перераспределение рудных компонентов с формированием медь-серебро-пallадиевых руд на некотором удалении от первичных магматических в породах вмещающей толщи.

9.4. Критерии разделения ультрамафитов и мафитов разных формаций. Прогнозно-поисковые модели месторождений и рудопроявлений

Так как ультрамафиты и мафиты разных формаций на исследованной территории имеют существенно различающийся потенциал рудоносности, а разделить их по

визуальным признакам часто невозможно – одной из ключевых задач в рамках данного исследования стала разработка комплекса характерных критериев, по которым можно выделить породы каждой распространённой формации. Были раздельно разработы комплексы критериев разделения вулканических и интрузивных серий, включающие: стратиграфические, минералого-петрографические, петрохимические, геохимические критерии и характеристику рудной минерализации, характерной для каждой серии.

На основании всего комплекса проведённых исследований была построена прогнозно-поисковая модель для двух перспективных типов оруденения Канского блока: сульфидного медь-никель платиноидного (Кингашский тип) и малосульфидного платинометального (Кулибинский тип). В части малосульфидных платинометальных руд модель строилась на основании оригинальных материалов данного исследования и в качестве эталона приняты проявления Кулибинского ПРУ. Для характеристики сульфидных медь-никель-платиноидных месторождений использованы материалы предшествующих исследований, а в качестве эталона принято Кингашское месторождение. При характеристике месторождений Кингашского типа принимались во внимание все последние опубликованные данные по этой теме, с внесением соответствующих корректировок в модель. Модель включает 4 раздела:

- «региональная позиция» - где в краткой форме приводится геотектоническая позиция и описание структурно-вещественных комплексов, к которым приурочены месторождения и проявления;

- «состав и строение рудовмещающих магматических тел» - где приводится описание состава и формационной принадлежности рудовмещающих магматических тел, особенностей их пространственного размещения, вмещающей рамы магматических тел, формы рудоносных тел, их внутреннего строения, петрографического и петрохимического состава;

- «характеристика рудных тел и руд» - где описаны морфология рудных тел и их положение в разрезе вмещающих магматитов, особенности рудной специализации, их минеральный и химический состав;

- «критерии выделения продуктивных толщ» - который вмещает комплекс геологических, геофизических, геохимических и минералого-петрографических критериев выделения продуктивных площадей и толщ и разделения их по степени перспективности на обнаружение руд Кингашского либо Кулибинского типов.

На основании данной модели фрагменты Кулибинского ПРУ классифицированы по продуктивности и даны рекомендации по их дальнейшему изучению.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В работе впервые выполнено комплексное изучение мафит-ультрамафитовых комплексов Кулибинского ПРУ, включающее: геологическую и геолого-структурную характеристику массивов и толщ; изучение их петрографических особенностей и характеристику состава породообразующих минералов; описание петрохимических и геохимических особенностей их строения. В результате выделено два интрузивных комплекса (кингашский магматический и идарский реститовый) и четыре серии вулканитов (пикрит-базальтовая, толеитовая, бимодальная, известково-щелочная). Каждое из выделенных подразделений охарактеризовано и разработан комплекс критериев, по которым их можно классифицировать.

По результатам минерографического изучения образцов каждого из выделенных комплексов и серий, охарактеризовано 11 породных ассоциаций, которые различаются по характеру рудной минерализации. Выделено пять потенциально значимых типов продуктивной минерализации. Впервые установлено, что перспективы освоения Кулибинского ПРУ связаны с малосульфидными платинометальными рудами в базальных частях мафит-ультрамафитовых массивов и толщ, а также с офсетными медь-серебро-палладиевыми рудами метасоматического происхождения, связанными с дайками

габброидов и гранитоидов в зоне их взаимодействия с породами кингашского комплекса и вулканитов пикрит-базальтовой и бимодальной серий. Описаны особенности размещения обоих типов руд в продуктивных толщах, дана их качественная и количественная характеристика по ряду ключевых параметров.

Впервые проведено моделирование Р-Т условий формирования мафит-ультрамафитовых образований и палеогеодинамическая реконструкция обстановок формирования продуктивных толщ. Установлено, что Канский и Идарский ЗКП представляют собой неопротерозойские коллизионно-аккреционные орогены, образованные на месте окраинно-континентальной палеосубдукционной зоны. На основании всего комплекса проведённых исследований разработана геолого-генетическая модель формирования продуктивного мафит-ультрамафитового вулкано-плутонического комплекса.

Разработан комплекс критериев выделения площадей, толщ и массивов, продуктивных на обнаружение малосульфидных платинометальных и сульфидных медно-никель-платиноидных руд. На основании комплекса критериев впервые созданы прогнозно-поисковые модели для двух ключевых в регионе типов оруденения. Исходя из созданной модели, обосновано направление дальнейшего изучения Кулибинского ПРУ. Перспективы рудоносности узла связаны с Адралкинским и Куйгинским ареалами ультрамафитов, в пределах которых прогнозируется среднее по размерам месторождение палладия.

ОСНОВНЫЕ ПУБЛИКАЦИИ ПО ТЕМЕ ДИССЕРТАЦИИ

В журналах и изданиях рекомендованных ВАК РФ:

1. Бабинцев Н.А., Чернышов А.И. Типизация платиноносных пикритов северо-запада Канского зеленокаменного пояса (Восточный Саян) // Известия Томского политехнического университета. Инжиниринг георесурсов: 2018. Т. 329. № 6. С. 118-127
2. Бабинцев Н.А., Чернышов А.И. Перспективы платиноносности кулибинского потенциального рудного узла (Восточный Саян) // Вестник Института геологии Коми НЦ УрО РАН: 2018. № 6 (282). С. 9-15.

3. Бабинцев Н.А., Чернышов А.И. Петрохимические особенности платиноносных метапикритов Кулибинского потенциального рудного узла (Восточный Саян) // Известия Иркутского Государственного Университета. Серия: Науки о Земле: 2018. Т. 26. С. 3-17.

4. Чернышов А.И., Бабинцев Н.А., Ворошилов В.Г. Петрографические и минералогические особенности ультрамафитов Кирельского фрагмента Канского зеленокаменного пояса (СЗ Восточного Саяна) // Известия Томского политехнического университета. Инжиниринг георесурсов: 2017. Т. 328. № 1. С. 75–88.

В других журналах и изданиях:

1. Бабинцев Н.А., Чернышов А.И. Малосульфидные платинометальные рудопроявления северо-запада Восточно-Саянской платино-никеленосной провинции как аналог платинометальных месторождений комплекса Портимо (Финляндия) // Ультрамафит-мафитовые комплексы: геология, строение, рудный потенциал. Материалы V международной конференции. Улан-Удэ: 2017. С. 30-32.

2. Бабинцев Н.А., Чернышов А.И. Платиноносные пикриты северо-запада Канского зеленокаменного пояса // Петрология магматических и метаморфических комплексов. Материалы IX международной конференции. Томск: 2017. С. 45-52.

3. Бабинцев Н.А. Составы оливинов в ультрамафитах Кулибинской платино-никеленосной площади (Восточный Саян) // Проблемы геологии и освоения недр: труды XX Международного симпозиума имени академика М.А. Усова студентов и молодых ученых, посвященного 120-летию со дня основания Томского политехнического

университета. Том I. – Томский политехнический университет. – Томск: Изд-во Томского политехнического университета, 2016. С. 110-112.

4. Бабинцев Н.А. Сравнительная петрохимическая характеристика ультрамафитов Канского зеленокаменного пояса (Восточный Саян) // Проблемы геологии и освоения недр: труды XXI Международного симпозиума имени академика М.А. Том I. – Томский политехнический университет. – Томск: Изд-во Томского политехнического университета, 2017. С. 91-93.

Рецензия научного руководителя

На научный доклад Н.А. Бабинцева об основных результатах подготовленной научно – квалификационной работы по теме: «Геолого-генетическая модель образования и потенциальная рудоносность мафит-ультрамафитовых комплексов Кулибинского рудного узла Кансской металлогенической зоны (Восточный Саян)»

Направление подготовки – 25.00.11 Геология, поиски и разведка твёрдых полезных ископаемых, минерагения

Актуальность исследования по представленной теме обусловлена, с одной стороны – необходимостью разработки тем геологии и рудоносности протерозойских зеленокаменных поясов, а с другой – потребностью в разработке научно-методических основ прогноза и поисков в Восточно-Саянской металлогенической провинции. Отбор исходного каменного материала проведён автором лично в ходе поисковых работ на Кулибинской площади, лабораторно-аналитические и камеральные исследования проведены по общепринятым методикам, в связи с чем исходные данные достоверны и представительны.

Научная новизна исследования заключается во впервые проведённом комплексном петрологическом и минерагеническом анализе ультрамафитовых и мафит-ультрамафитовых комплексов территории, на основании которого выделены интрузивные комплексы и серии, охарактеризован потенциал их рудоносности, разработаны геолого-генетические и прогнозно-поисковые модели. Часть авторских выводов сформулирована впервые, остальные представляют собой существенную переработку и доработку существующих представлений о геологии и рудоносности изученных образований.

Практическая значимость исследования связана созданием геолого-генетической модели формирования изученных магматических комплексов и прогнозно-поисковых моделей для двух основных типов оруденения района исследований. Данные модели могут послужить научно-методической основой для прогнозных и поисковых работ в пределах Кулибинского ПРУ и на смежных территориях. *Теоретическая значимость исследования* связана с разработкой вопросов генезиса вулканогенно-осадочных толщ протерозойского зеленокаменного пояса и палеогеодинамическими реконструкциями, на них основанными.

По материалам авторских исследований опубликовано 8 научных работ, в том числе 4 в изданиях, рекомендованных ВАК РФ. Ключевые результаты исследования отражены в опубликованных работах и отражают наиболее важные моменты диссертации. Содержание научной работы соответствует пункту 1 паспорта специальности 25.00.11:

«Условия образования месторождений твердых полезных ископаемых: геология и генетические модели, геодинамические и формационно-магматические условия образования и закономерности пространственного размещения эндогенных месторождений».

Научный доклад об основных результатах подготовленной научно-квалификационной работы (диссертации) Н.А. Бабинцева по теме «Геолого-генетическая модель образования и потенциальная рудоносность мафит-ультрамафитовых комплексов Кулибинского рудного узла Канской металлогенической зоны (Восточный Саян)» отвечает всем требованиям и может быть представлен к защите в аттестационной комиссии.

Научный руководитель:

Док. геол.-мин. наук, профессор Томского Государственного Университета,



— А.И. Чернышов

Рецензия

на научный доклад Н.А. Бабинцева об основных результатах подготовленной научно – квалификационной работы по теме:

«Геолого-генетическая модель образования и потенциальная рудоносность мафит-ультрамафитовых комплексов Кулибинского рудного узла Канской металлогенической зоны (Восточный Саян)»

Научно-квалификационная работа Н.А. Бабинцева была выполнена на основании материалов, собранных им в ходе поисковых работ на Кулибинской площади в 2013-2015 гг., в которых автор участвовал в качестве одного из исполнителей. Обширность материалов, на основании которых сделаны выводы, использование прецизионных лабораторно-аналитических методов и детальная характеристика методик исследования свидетельствуют о достоверности полученных результатов.

Актуальность и практическая значимость исследования обусловлена возрастающим интересом к мафит-ультрамафитовым комплексам Восточно-Саянской платино-медь-никеленосной провинции, в пределах которой в ближайшие годы планируется подготовка к эксплуатации Кингашского месторождения, и выполняются прогнозно-поисковые работы на других перспективных участках Кингашского рудного района и прилегающих территорий.

Основные защищаемые положения

1. В Кулибинском потенциальному рудном узле впервые выделены и петрологически обоснованы два формационных типа гипбиссальных мафит-ультрамафитовых образований: реститовый дунит-гарцбургитовый (идарский комплекс) и дифференцированный дунит-верлит-пикритовый (кингашский комплекс) и четыре серии вулканогенных образований: пикрит-базальтовая (коматитовая?), существенно базальтовая толеитовая, дацит-базальт-пикробазальтовая бимодальная и андезит-базальтовая известково-щелочная.

2. Интрузивные породы кингашского комплекса и вулканиты пикрит-базальтовой серии слагают единый вулкано-плутонический комплекс и образованы в ходе дифференциации единого высокомагнезиального расплава, обогащенного Au, Ag, Co, Cr, Cu, Ni, ЭПГ с продуктами эволюции которого связаны два типа месторождений: сульфидные медно-никелевые с платиноидами и малосульфидные платинометальные, существенно палладиевые. Малосульфидные платинометальные руды в районе выявлены впервые, они приурочены к базальным частям массивов пикритов кингашского интрузивного комплекса и вулканической пикрит-базальтовой серии.

3. На основании комплекса критерииев и признаков разработаны прогнозно-поисковые модели локализации сульфидных и малосульфидных руд. Основной прогнозный потенциал рудоносности Кулибинского перспективного рудного узла связан с малосульфидными платинометальными рудами магматического и эпимагматического генезиса, которые сконцентрированы в пределах двух наиболее продуктивных ареалов ультрамафитов – Адралкинского и Куйгинского.

Автор выполнил анализ оригинальных данных и материалов предшествующих исследований по характеристике геологического строения района исследований и особенностям внутреннего строения мафит-ультрамафитовых интрузивных тел и вулканических толщ. Проанализированы минералого-петрографические, петрогохимические особенности и характер рудной минерализации изученных пород,

выделено и охарактеризовано 2 интрузивных комплекса и 4 вулканических мафит-ультрамафитовых серии. По петрологическим предпосылкам две из изученных серий объединены в единый вулкано-плутонический комплекс, продуктивный на сульфидные медь-никель-платиновые и малосульфидные платинометальные руды. Для данного вулкано-плутонического комплекса сформирована геолого-генетическая модель, включаящая моделирование Р-Т условий, палеогеодинамическую реконструкцию, описание генезиса самих мафит-ультрамафитовых образований и связанных с ними руд. Потенциальная рудоность изученного вулкано-плутонического комплекса охарактеризована детально, выявлен новый для района малосульфидный платинометальный тип орудения. На основании комплексного анализа разработаны критерии и признаки выделения рудоносных площадей и массивов, создана прогнозно-поисковая модель двух наиболее характерных для района формационных типов руд.

Некоторые положения и выводы сформулированы впервые для Кулибинского рудного узла, что свидетельствует о научной новизне исследования.

Замечания по представленной работе касались формулировок основных защищаемых положений и были исправлены автором в ходе рецензирования.

Представленная работа и защищаемые положения по содержанию соответствуют паспорту специальности 25.00.11. Публикации по теме исследования отражают основные его результаты, 4 публикации из приведённого списка относятся к изданиям, рекомендованным ВАК. В целом, научно-квалификационная работа соответствует требованиям ВАК, предъявляемым к диссертациям на соискание учёной степени кандидата геолого-минералогических наук по специальности 25.00.11.

Доктор геолого-минералогических наук, профессор

Сибирского Федерального Университета

С.С. Сердюк

01.06.2019

Рецензия

На научный доклад Н.А. Бабинцева об основных результатах подготовленной научно-квалификационной работы по теме: «Геолого-генетическая модель образования и потенциальная рудоносность мафит-ультрамафитовых комплексов Кулибинского рудного узла Канской металлогенической зоны (Восточный Саян)»

Научный доклад Н.А. Бабинцева по теме подготовленной научно-квалификационной работы включает краткое изложение основных результатов проведённого исследования и состоит из 9 разделов, введения и заключения.

В тексте работы описаны: основные методические приёмы, которые автор применял в исследовании; геологическое строение района исследований и непосредственно изученных ареалов мафит-ультрамафитовых тел; результаты петрографической аттестации изученных горных пород и описание особенностей состава породообразующих минералов; ассоциации рудных минералов и особенностей их состава; петрохимические и геохимические особенности изученных мафит-ультрамафитовых комплексов; результаты расчётов температуры и давлений формирования изученных интрузивных массивов; потенциальная рудоносность изученных мафит-ультрамафитовых комплексов и сравнение их с месторождениями-аналогами.

По результатам работы автором созданы геолого-генетические модели формирования мафит-ультрамафитовых комплексов, которые включают моделирование геодинамических обстановок, описание генезиса отдельных серий и комплексов, а также модель формирования оруденения в них. Разработаны прогнозно-поисковые модели двух типов месторождений, которые имеют высокую практическую значимость для геологического и поискового изучения территории. Ряд неясностей по теме исследования связан с форматом доклада, и в полном тексте диссертационного исследования они отсутствуют.

В целом, на основании представленного доклада можно сделать вывод о высокой научно-практической значимости авторских исследований. Материалы, которые легли в основу работы, обширны и достоверны, они включают количественные определения состава пород и руд, проведённые в крупных лабораториях Центральной Сибири по аттестованным методикам. Защищаемые положения и содержание работы соответствуют паспорту специальности 25.00.11 «Геология, поиски и разведка твёрдых полезных ископаемых, минерагения» и работу можно рекомендовать к защите.

Канд. геол.-мин. наук, доцент Пермского Государственного Университета,
В.И. Совлук

Отчет о проверке на заимствования №1



Автор: mas9915@mail.ru / ID: 6817098
Проверяющий : (mas9915@mail.ru / ID: 6817098)
Отчет предоставлен сервисом «Антиплагиат» - <http://users.antiplagiat.ru>

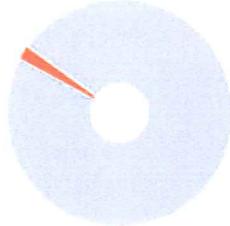
ИНФОРМАЦИЯ О ДОКУМЕНТЕ

№документа : 1
Начало загрузки : 03.06.2019 11:31:44
Длительность загрузки : 00:00:19
Имя исходного файла: Бабинцев на антиплагиат 1
Размер текста: 66 kB
Символов в тексте: 66514
Слов в тексте: 7736
Число предложений : 398

ИНФОРМАЦИЯ ОБ ОТЧЕТЕ

Последний готовый отчет (ред.)
Начало проверки : 03.06.2019 11:32:03
Длительность проверки : 00:00:07
Комментарии : не указано
Модули поиска: Модуль поиска Интернет

ЗАИМСТВОВАНИЯ	ЦИТИРОВАНИЯ	ОРИГИНАЛЬНОСТЬ
1,93%	0%	98,07%



Заимствования — доля всех найденных текстовых пересечений , за исключением тех, которые система отнесла к цитированию , по отношению к общему объему документа . Цитирования — доля текстовых пересечений , которые не являются авторскими , но система посчитала их использование корректным , по отношению к общему объему документа . Сюда относятся оформленные по ГОСТу цитаты ; общеупотребительные выражения ; фрагменты текста , найденные в источниках из коллекций нормативно - правовой документации .

Текстовое пересечение — фрагмент текста проверяемого документа , совпадающий или почти совпадающий с фрагментом текста источника .

Источник — документ , проиндексированный в системе и содержащийся в модуле поиска , по которому проводится проверка .

Оригинальность — доля фрагментов текста проверяемого документа , не обнаруженных ни в одном источнике , по которым шла проверка , по отношению к общему объему документа .

Заимствования , цитирования и оригинальность являются отдельными показателями и в сумме дают 100%, что соответствует всему тексту проверяемого документа .

Обращаем Ваше внимание , что система находит текстовые пересечения проверяемого документа спроиндексированными в системе текстовыми источниками . При этом система является вспомогательным инструментом , определение корректности и правомерности заимствований или цитирований , а также авторства текстовых фрагментов проверяемого документа остается в компетенции проверяющего .

№	Доля в отчете	Источник	Ссылка	Актуален на	Модуль поиска
[01]	0,84%	http://www.lib.tpu.ru/fulltext/a/2011/73.pdf	http://lib.lpu.ru	12 Ноя 2017	Модуль поиска Интернет
[02]	0,6%	Скачать весь выпуск в PDF	http://izvestiya.lpu.ru	31 Авг 2017	Модуль поиска Интернет
[03]	0,28%	http://www.lib.tpu.ru/fulltext/c/2014/C11/V1/C11_V1.pdf	http://lib.lpu.ru	12 Ноя 2017	Модуль поиска Интернет

Еще источников : 3

Еще заимствований : 0,22%