

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации
ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ НАУКИ
ГЕОЛОГИЧЕСКИЙ ИНСТИТУТ
СИБИРСКОГО ОТДЕЛЕНИЯ РОССИЙСКОЙ АКАДЕМИИ НАУК

УДК 553.411(571.1/.5)
№ гос. рег.
АААА-А17-117011650012-7

Инв. № 3

УТВЕРЖДЕНО
РЕШЕНИЕМ УЧЕНОГО СОВЕТА
Протокол № 8 от «19» декабря 2019 г.
Председатель Ученого совета,
директор института, д.г.-м.н.
 А.А. Цыганков



ОТЧЕТ за 2019 г.
О НАУЧНО-ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКОЙ РАБОТЕ

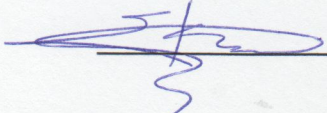
Проект IX.130.3.3. Рудообразующие системы Саяно-Байкальской складчатой области (благородные металлы, поликомпонентные руды, нетрадиционные типы рудной минерализации)
(промежуточный)

Номер проекта в ИС управления НИР
0340-2019-0003

Приоритетное направление IX.130. Рудообразующие процессы, их эволюция в истории Земли, металлогенические эпохи и провинции и их связь с развитием литосферы. Условия образования и закономерности размещения полезных ископаемых.

Программа IX.130.3. Формирование и эволюция рудномагматических систем различных геодинамических обстановок

И.о. научного руководителя
к.г.-м.н.

 Е.В. Кислов

Улан-Удэ, 2019

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации
ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ НАУКИ
ГЕОЛОГИЧЕСКИЙ ИНСТИТУТ
СИБИРСКОГО ОТДЕЛЕНИЯ РОССИЙСКОЙ АКАДЕМИИ НАУК

УДК 553.411(571.1/.5)
№ гос. рег.
АААА-А17-117011650012-7

Инв. № 3

УТВЕРЖДЕНО
РЕШЕНИЕМ УЧЕНОГО СОВЕТА
Протокол № 8 от «19» декабря 2019 г.
Председатель Ученого совета,
директор института, д.г.-м.н.
А.А. Цыганков



ОТЧЕТ за 2019 г.
О НАУЧНО-ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКОЙ РАБОТЕ

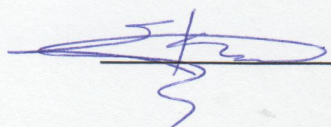
Проект IX.130.3.3. Рудообразующие системы Саяно-Байкальской складчатой области (благородные металлы, поликомпонентные руды, нетрадиционные типы рудной минерализации)
(промежуточный)

Номер проекта в ИС управления НИР
0340-2019-0003

Приоритетное направление IX.130. Рудообразующие процессы, их эволюция в истории Земли, металлогенические эпохи и провинции и их связь с развитием литосферы. Условия образования и закономерности размещения полезных ископаемых.

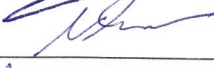
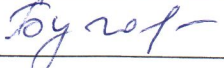
Программа IX.130.3. Формирование и эволюция рудномагматических систем различных геодинамических обстановок

И.о. научного руководителя
к.г.-м.н.

 Е.В. Кислов

Улан-Удэ, 2019

Список исполнителей

Должность	Подпись	ФИО
зав. лаб., к.г.-м.н., доцент		Кислов Е.В.
ГНС, д.г.-м.н.		Татаринов А.В.
ВНС, д.г.-м.н.		Дамдинов Б.Б.
СНС, к.г.-м.н.		Яловик Л.И.
вед. инженер (0.5), к.г.-м.н.		Бугаева Н.Г.
инженер I кат.		Малышев А.В.
инженер-лаборант		Барышникова Н.М.
инженер-лаборант		Ранжурова М.А.

Содержание

Реферат	1
Введение	2
I. Основная часть отчета	3
1.1. Йоко-Довыренский ультрабазит-базитовый расслоенный массив	3
1.2. Мыкерт-Санжеевское месторождение	5
1.3. Восточно-Саянский и Джидинский офиолитовые пояса	6
1.4. Юбилейное рудное поле	9
1.5. Третьяковское золото-флюоритовое месторождение	10
1.6. Маринкин дунит-троктолит-габбровый массив	11
1.7. Сапфиры из аллювия руч. Нарын-Гол и палеовулкана Барун-Хобол Правый (Джидинское базальтовое плато, бассейн р. Дархинтуй).	12
1.8. Особенности формирования и освоения минерально-сырьевого сектора Республики Бурятия.	13
Заключение	15
Приложение	17

Реферат

Отчет, стр. 17, рис. 11, прил. 1, ключевых слов 9.

РУДООБРАЗУЮЩИЕ СИСТЕМЫ САЯНО-БАЙКАЛЬСКОЙ СКЛАДЧАТОЙ ОБЛАСТИ (БЛАГОРОДНЫЕ МЕТАЛЛЫ, ПОЛИКОМПОНЕНТНЫЕ РУДЫ, НЕТРАДИЦИОННЫЕ ТИПЫ РУДНОЙ МИНЕРАЛИЗАЦИИ)

Исследованиями охвачены рудные районы Саяно-Байкальской складчатой области. В результате продолжения изучения Йоко-Довыренского расслоенного массива (Северное Прибайкалье) показана важная рудогенетическая роль восстановленного углекислого флюида, изучена геохимия и минералогия Hg, Cd, Ge ЭПГ-Cu-Ni оруденения, детально изучен минеральный состав хромититов. Получены новые результаты о благороднометалльно-полиметаллической минерализации Мыкерт-Санжеевского рудного поля. Проведена типизация золоторудных месторождений и рудопроявлений юго-восточной части Восточного Саяна. Проведены минералогические исследования золото-кварцевого рудопроявления Надежда и Зун-Холбинского золоторудного месторождения. Получены первые данные по ряду других рудных объектов (Юбилейное рудное поле, Третьяковское золото-флюоритовое месторождение, Маринкин концентрически-зонального дунит-троктолит-габбрового массива, сапфиноносная россыпь Нарын-Гол), выполнены геолого-экономические исследования.

Ключевые слова: рудообразующие системы, благородные металлы, минеральный состав оруденения, модели формирования.

Введение

По этапу 2019 г целями исследований являлось: детализация и уточнение моделей рудообразующих систем Йоко-Довыренского ультрабазит-базитового расслоенного массива, Мыкерт-Санжеевского месторождения (Pb, Zn, Ag, Au, ЭПГ), создание эволюционных моделей рудообразующих систем базит-ультрабазитовых комплексов Восточно-Саянского и Джидинского офиолитовых поясов.

При этом предусматривалось решение следующих основных задач, определяемых действующим проектом:

- *установление источников вещества для различных типов комплексных руд на основе петролого-геохимических и изотопно-геохимических данных;*
- *изучение и типизация механизмов геохимической мобилизации, рассеивания, концентрирования рудного вещества на различных этапах формирования рудообразующих систем;*
- *металлогеническая типизация рудообразующих систем и факторы, определяющие их продуктивность.*

I. Основная часть отчета

1.1. Йоко-Довыренский ультрабазит-базитовый расслоенный массив

1.1.1. Получены новые геохимические данные по породам экзоконтакта и апокарбонатным скарнам, показавшие рудогенетическую роль восстановленного углекислого флюида. На начальной стадии присутствовал существенно CO_2 флюид с высокой летучестью O (вплоть до $\text{NNO}+3-4$), образующийся как при частичном термическом разложении доломита, так и в результате реакции SiO_2 и карбонатов. Голубой диопсид из скарнов обогащен Pt до 0.2 г/т и V 300 г/т, в волластонитовой зоне наблюдается повышенное содержание Re (до 0.4 г/т). Редкоземельный спектр приконтактового кварцита идентичен спектрам плагиолерцолитов нижнего контакта.

Геохимические особенности пород связаны с переотложением вещества восстановленным водно-углекислым флюидом (рис. 1). В результате реакции водно-углекислого флюида с высокомагнезиальным оливином при субсолидусной температуре 950°C и давлении 2 кбар летучесть кислорода понижается до буфера QFM-2, с чем связано появление значительных количеств CO. Согласно расчетам, низкая летучесть кислорода (около буфера QFM+0.7) также обеспечивается реакцией окисления пирротина водным и углекислым компонентами флюида при P - T параметрах кумулуса. В результате флюид обогащается Pt из магматических сульфидов, которая может переотлагаться в том числе и в зоне скарнообразования.

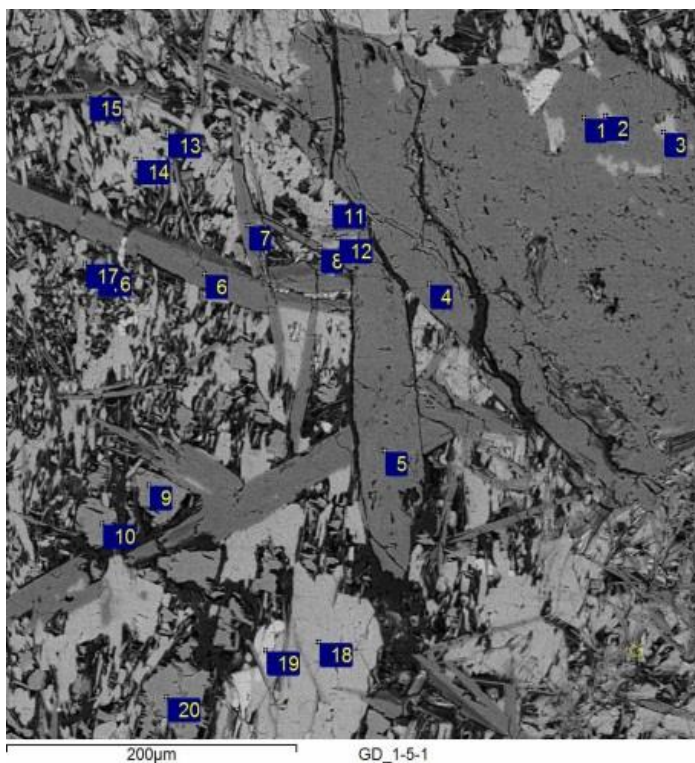


Рисунок 1. Зона растворения и перекристаллизации.

1, 4, 5 – диопсид; 9, 10 – монтичеллит, 18 - $\text{Ca}_4\text{Si}_3\text{O}_{10} \times 2\text{H}_2\text{O}$ (трабзонит?), 19 - $\text{Ca}_2\text{SiO}_3\text{F}$.

1.1.2. В ЭПГ-Cu-Ni оруденении изучена геохимия и минералогия ряда нехарактерных элементов (ртуть, кадмий, германий). Большая часть минералов благородных металлов (халькогениды и интерметаллиды Pd, Pt, Au) слагают метакристаллы и просечки в сульфидах, силикатной матрице, на контактах тех и других; возникли при

участии флюидов, порожденных кристаллизующимися сульфидными Fe-Cu-Ni

расплавами. Они развиты в центральной части интрузива в сульфидоносных плагиолерцолитах (ПЛ) в низах интрузива, в сульфидоносных пегматоидных троктолитах (Т) в низах толщи троктолитов и в сульфидоносных пегматоидных анортозитах и габбро-пегматитов (А) на границе плагиодунит-троктолитовой и троктолит-габбровой зон.

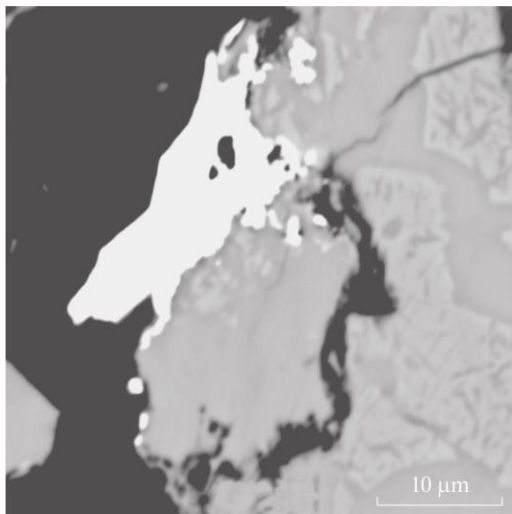


Рисунок 2. *Метасоматический вросток теларгпалита (белое) на контакте пентландита и кубанита (серое) в сульфидоносном троктолите.*

От ПЛ к Т и далее к А существенно растёт количество и разнообразие Hg-содержащих минералов, ртуть в них распределена крайне неравномерно. В Т и А ведущие носители ртути: пневматолитовые (флюидно-метасоматические) мончеит и особенно поздний теларгпалит ($\text{Pd, Ag}_3(\text{Te, Pb, Hg})$), который содержит до 11 масс.% Hg (рис. 2). С теларгпалитом иногда ассоциируют Hg-электрум и кюстелит, потарит PdHg . В Т развит богатый Pb потарит, в А - потарит без Pb. Заметное количество Hg в минералах благородных металлов Йоко-Довыренского интрузива - свидетельство того, что их формирование произошло в условиях закрытой системы при невысоких температурах. Количество потарита в А значительно выше, а содержание ртути в теларгпалите А заметно ниже (в среднем 2.9 мас.% Hg), чем в теларгпалите Т (в среднем 5.9% Hg). Возможно, потарит возник при эпигенетических процессах серпентинизации (низкоградного метаморфизма) за счёт вещества пневматолитовых ртутьсодержащих теларгпалита, котульскита, звягинцевита. Этому соответствуют особенности распределения ртути в теларгпалите, котульските и звягинцевите Т и А, и значительно большая интенсивность метаморфизма А.

Мелкие и редкие выделения Cd-содержащих минералов благородных металлов установлены только в А: звягинцевит (0.4-1.2 мас.% Cd) и теларгпалит (0.4% Cd).

В А обнаружены палладогерманид с 19,8 мас.% Ge, Ge-содержащие паоловит с 8,1% Ge и звягинцевит с 0,55% Ge. Состав палладогерманида $\text{Pd}_{2,03}(\text{Ge}_{0,80}\text{As}_{0,15}\text{Bi}_{0,02})_{0,97}$, Ge в нём в заметной степени замещён As, что характерно для эндогенных минералов Ge. Возможный источник Ge – вмещающие интрузив контактово-метаморфизованные пиритоносные углеродистые аргиллиты.

1.1.3. Показано, что хромититы, приуроченные к зоне развития магнезиальных скарнов в верхней части дунитового горизонта, представляют собой высокохромистые скарны магматического этапа. Их формирование связано с реакцией

пикрито-базальтового расплава с CO_2 флюидом и избыточным кальцием, экстрагированными при декарбонатизации доломитовых ксенолитов.

Детально изучен минеральный состав хромититов. Для них характерна композиционная неоднородность оливина и хромшпинели, которые обычно быстро уравниваются в магматической обстановке. Оливин более магниальный, содержит больше Са, диопсид содержит больше Al, Cr, Ti, хромшпинель глиноземистая в отличие от интрузивных пород массива. Характерен метасоматический парагенезис минералов: гроссуляр, монтичеллит, везувиан, кустидин, кальцит, сидерит, мелилит, перовскит, клинтонит, джерфишерит (рис. 3). Необычны для такой ассоциации нефелин, галит и другие хлориды.

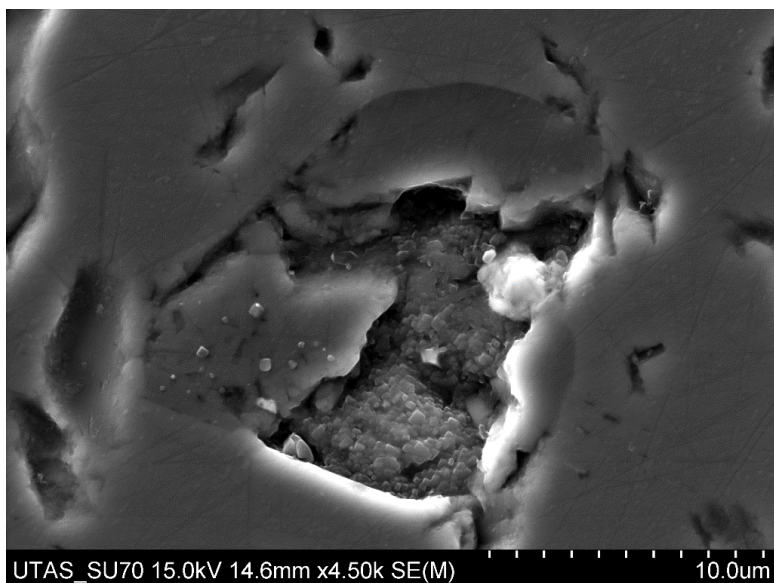


Рисунок 3. В хромшпинели включение диопсида, галита, пентландита, мелилита, везувиана, галенита.

1.2. Мыкерт-Санжеевское месторождение

Получены и обобщены новые результаты исследований благороднометалльно-полиметаллической минерализации Мыкерт-Санжеевского рудного поля (рис. 4). Полученные данные указывают на то, что первичными источниками вещества Мыкерт-Санжеевской рудообразующей системы является мантийно-коровый венд-рифейский ультрабазит-базитовый комплекс нижней части земной коры.

Установлена основная рудоконтролирующая структура рудного поля, представленная лозанжем, состоящим из мозаичных скоплений ромбоэдрических и тетраэдрических блоков-дуплексов, которые разделены узкими тектоническими швами. К этим мелкоблоковым швам, выполненным субвулканическими дайками шошонит-латитовой вулканоплутонической ассоциации, аподайковыми динамометаморфитами (брекчии, катаклазиты, милониты), а также механометасоматитами, приурочены скопления поликомпонентных руд. Выделено 4 этапа формирования динамометаморфитов,

характеризующихся различными видовыми составами рудных минералов, возникших в результате механохимических реакций. Предложена карбонильная модель формирования минеральных микроагрегатов, с пленками, содержащими наночастицы благородных металлов. Эволюция рудообразующей системы носила унаследованный многоступенчатый характер, с тенденцией смены во времени рудогенерирующих и рудоконцентрирующих процессов. Изотопно-геохимическим Pb-Sr методом определен возраст 233 ± 19 млн. лет рудно-порodного динамометаморфического комплекса. Предполагается, что главными агентами миграции и аккумуляции рудных элементов являются летучие соединения, представленные углеводородами (метан, этан и др.), CO, CO₂, а также S, Cl, F, пары H₂O.

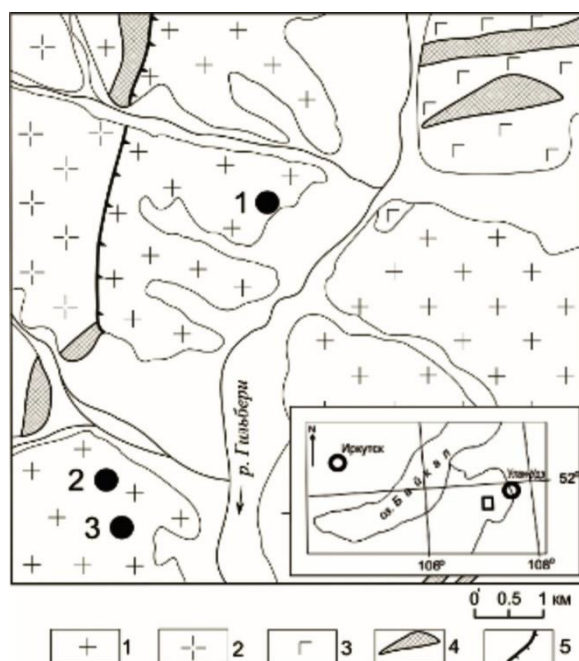


Рисунок 4. Геологическая карта участков Мыкерт-Санжеевского рудного поля. Залитые кружки – рудные участки (1 - Бол. Мыкерт, 2 – Мал. Мыкерт, 3 – Санжеевка).

1 – гранитоиды бичурского комплекса; 2 – гранитоиды баргузинского комплекса; 3 – габброиды икатского комплекса рифейского возраста; 4 – дробленые и трещиноватые участки пород – какириты; 5 – предполагаемые надвиги. Белое поле – рыхлые четвертичные отложения. На обзорной схеме геологическая карта обозначена прямоугольником.

1.3. Восточно-Саянский и Джидинский офиолитовые пояса

1.3.1. На основе обобщения данных по составу главных продуктивных минеральных парагенезисов проведена типизация золоторудных месторождений и рудопроявлений, локализованных в различных структурно-металлогенических зонах юго-восточной части Восточного Саяна. Выделено 8 минеральных типов месторождений: золото-полисульфидный, золото-кварцевый, золото-теллуридный, золото-тетрадимитовый, золото-антимонитовый, золото-висмут-сульфосольный, золото-пирротинный и золото-блеклорудный. Установлено, что для структурно-металлогенических зон, сформированных в различных тектоно-геодинамических обстановках, характерны определенные типы золотого оруденения (рис. 5).

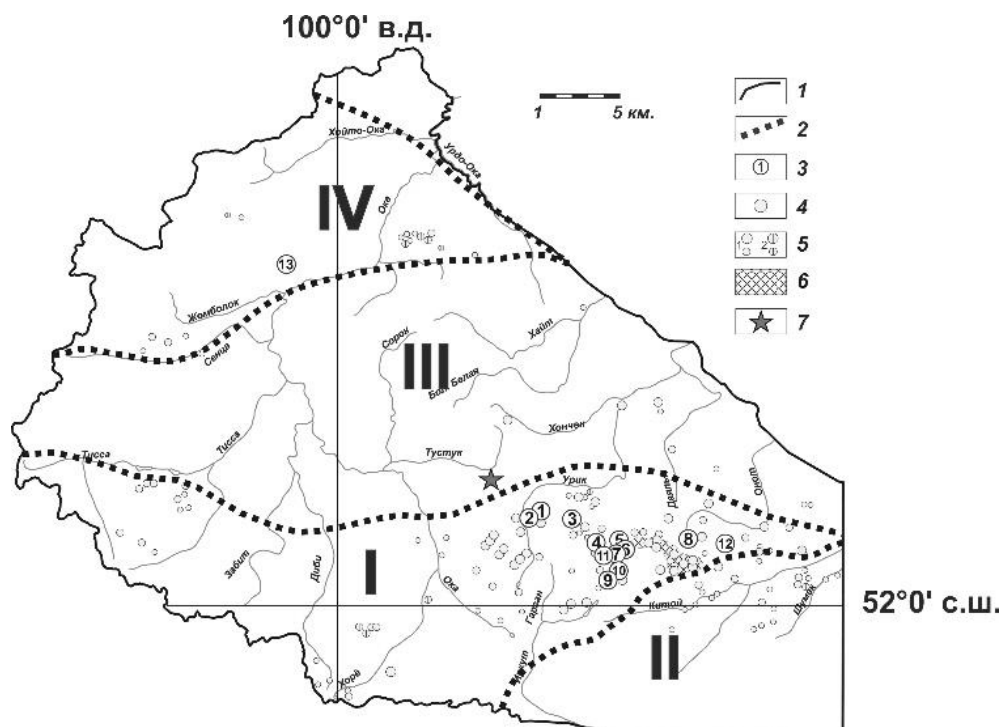


Рисунок. 5. Схема размещения золоторудных месторождений и проявлений в структурно-металлогенических зонах юго-восточной части Восточного Саяна. 1 – граница Республики Бурятия; 2 – границы структурно-металлогенических зон, в скобках – доминирующий тип золотого оруденения: I – Боксон-Гарганская (золото-кварцевый, золото-полисульфидный, в западной части – золото-теллуридный, золото-висмут-сульфосольный), II – Ильчирская (золото-блеклорудный), III – Окинская, IV – Хамсаринская (золото-тетрадимитовый, золото-антимонитовый); 3 – месторождения золота: 1 – Водораздельное, 2 – Кварцевое, 3 – Барун-Холбинское, 4 – Зун-Холбинское, 5 – Гранитное, 6 – Самартинское, 7 – Пионерское, 8 – Зун-Оспинское, 9 – Динамитное, 10 – Зеленое, 11 – Владимирское; 12 – Таинское, 13 – Коневинское; 4 – рудопроявления золота; 5 – пункты минерализации золота (1), золота и серебра (2); 6 – группа пространственно сближенных проявлений и пунктов минерализации золота; 7 – платинометальное рудопроявления Хурай-Жалгинское.

1.3.2. Проведены минералогические исследования золото-кварцевого рудопроявления Надежда, расположенного в пределах Холбинского рудного поля в Восточном Саяне. Установлено, что главным рудным минералом является пирит, реже встречаются халькопирит, галенит, сфалерит. Характерной особенностью руд является широкое развитие минералов теллуридной ассоциации, где диагностированы следующие минеральные виды: алтаит, петцит, калаверит, мелонит, креннерит, теллуrowисмутит, пильзенит, штютцит, волинскит (рис. 6). По геологическому положению и минералогическим характеристикам рудопроявление Надежда является аналогом Пионерского золоторудного месторождения (его юго-восточным продолжением).

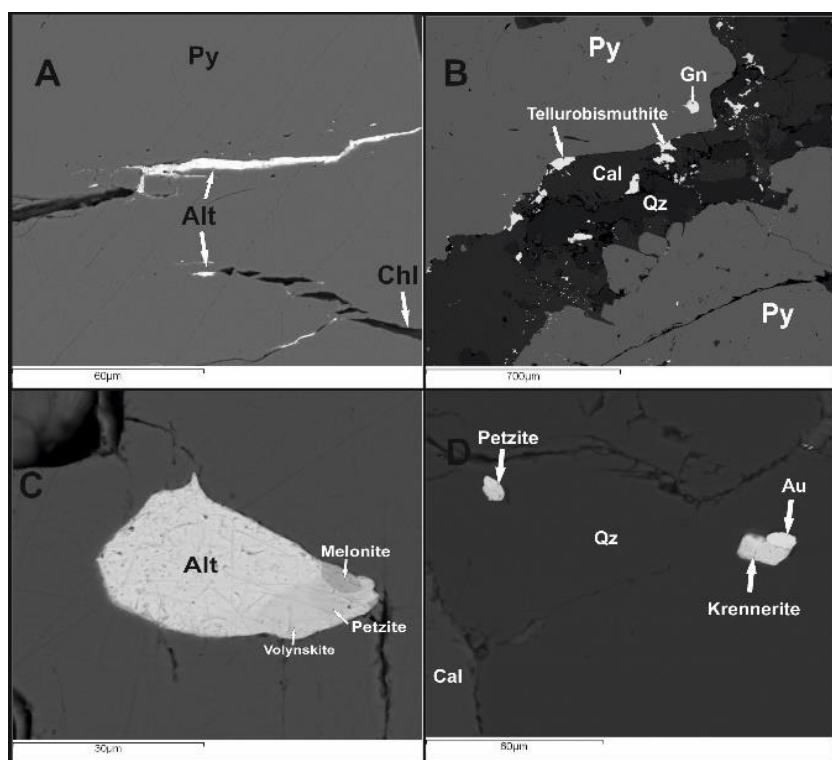


Рисунок 6. Морфология выделений теллуридных минералов в рудах проявления Надежда.

Py - пирит, Alt - алтаит, Gn - галенит, Cal - кальцит, Qz – кварц. Снимок сделан в обратно отраженных электронах.

1.3.3. Изучены особенности распределения редких и второстепенных рудных минералов крупнейшего в Восточном Саяне Зун-Холбинского золоторудного месторождения. Определена общая последовательность минералообразования и установлены четыре рудные ассоциации: пирит-пирротиновая, кварц-карбонат-сульфидная, кварц-полисульфидная и сульфосольная, соответствующие дорудному этапу и трем последовательным стадиям рудообразующего процесса.

На дорудном этапе были сформированы рудные минералы, отнесенные к *пирит-пирротиновой ассоциации*: пирротин, пирит-1, в меньшем количестве – сфалерит, халькопирит, арсенопирит. Руды этой ассоциации встречаются в виде реликтов и фрагментов в минерализованных зонах. На ранней стадии рудообразования произошло формирование основного количества кварца, появление карбонатов и массовое отложение пирита-2, в меньшей степени – галенита, сфалерита, халькопирита. В небольших количествах отложились арсенопирит, пирротин, шеелит, миллерит, причем появление этих минералов обусловлено влиянием вмещающего субстрата. Руды этой *кварц-карбонат-сульфидной* ассоциации преобладают на месторождении. На промежуточной стадии отлагались минералы *кварц-полисульфидной ассоциации*: пирит-3, галенит, сфалерит, халькопирит, в меньших количествах – пирротин. Их более позднее формирование хорошо заметно по взаимоотношениям с минералами ранних стадий. Морфология зерен и характер выделений редких минералов, таких как тетраэдрит, гессит, тетрадимит, викингит,

самородный висмут свидетельствует об их отложении позже всех вышеперечисленных минеральных ассоциаций, что позволяет выделить позднюю *сульфосольную ассоциацию*. Появление примесных минералов связано с изменениями характера рудовмещающего субстрата.

Минералы	Дорудный этап	Ассоциации рудного этапа			
	Пирит-пирротиновая ассоциация	Кварц-карбонат-сульфидная	Кварц-полисульфидная	Сульфосольная	
Кварц					
Карбонат					
Пирит-1					
Пирит-2					
Пирит-3					
Пирротин					
Галенит					
Сфалерит					
Халькопирит					
Арсенопирит					
Самородный Вi					
Гессит					
Шеелит					
Тетрадимит					
Викингит					
Тетраэдрит					
Миллерит					
Золото					

Рисунок 7. Последовательность отложения минералов в кварц-сульфидных рудах Зун-Холбинского золоторудного месторождения.

1.4. На основе новых структурно-вещественных данных предложена динамометаморфическая модель формирования Юбилейного рудного поля. Выявлена пространственно-генетическая связь поликомпонентной рудной минерализации (Au, Ag, ЭПГ, Cu, Pb, Zn, Ni) с динамометаморфическим комплексом, сформированным по породам коматиитовой серии Келяно-Ирокиндинского зеленокаменного пояса. Рассмотрена продуктивность различных морфоструктурных типов рудной минерализации, различающихся минеральным составом и содержаниями полезных компонентов. В образовании рудной минерализации выделены три временных интервала (кембрий, девон и карбон) динамометаморфических событий, с которыми связано концентрирование рудных элементов. Показано, что ультрабазит-базитовый комплекс и гранитоиды рифейского возраста явились источником рудного вещества, локализованного в динамометаморфитах. Установлено, что основную промышленную ценность рудного поля представляют

прожилковые и вкрапленные руды с относительно бедными содержаниями полезных компонентов, образующие большеобъемные зоны (рис. 7).

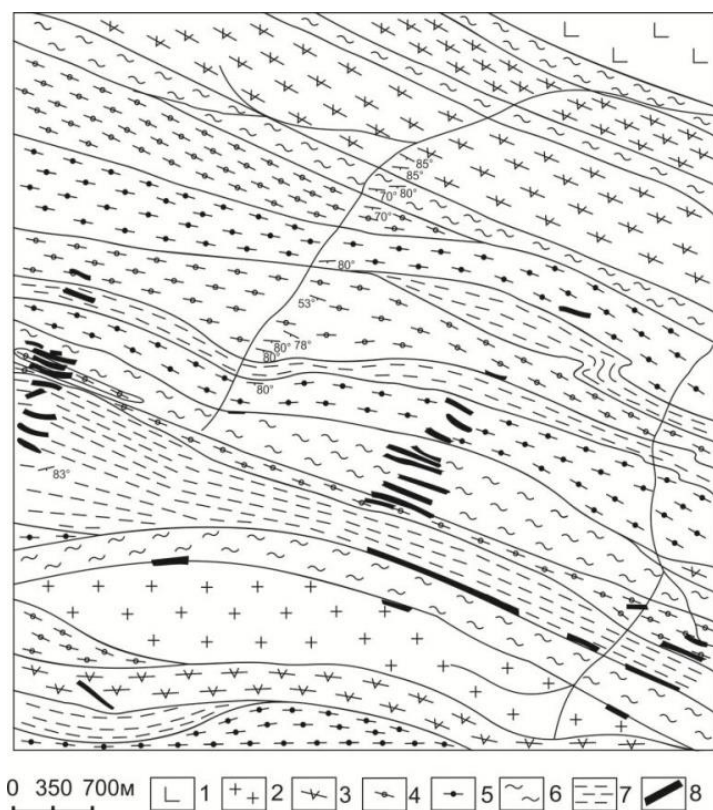


Рисунок 7. Геологическая карта центральной части Юбилейного рудного поля

1 – ортоамфиболиты по породам коматиитовой серии 2 – катаклазированные гранитоиды муйского комплекса; 3 – милониты по ортоамфиболитам; 4 – мусковит-плагиоклазовые милониты по гранитоидам муйского комплекса; 5 – плагиоклазовые милониты по гранитоидам муйского комплекса; 6-7 – прогнозируемые рудные зоны (6 – альбит-кварц-серицитовые динамосланцы, 7 – динамосланцы хлорит-серицит-альбит-кварцевого состава); 8 – золоторудные кварцевые жилы.

1.5. Проведены минералогические и термобарогеохимические исследования руд Третьяковского золото-флюоритового месторождения. Месторождение расположено в борту Иволгинской рифтовой впадины и представляет собой серию кварц-флюоритовых жильно-прожилковых зоны, локализованных в зонах дробления и аргиллизации сиенитов. В составе жильных ассоциаций выделены три генерации кварца и две – флюорита. В рудах впервые диагностированы собственные минеральные фазы благородных металлов – самородное золото (электрум), акантит и редкий сульфид золота и серебра – ютенбогартит. В ассоциации с благородными металлами присутствуют пирит, вольфрамит, гидроокислы Fe (гетит). Термобарогеохимические исследования жильных минералов Третьяковского месторождения свидетельствуют об эпитермальных условиях рудообразования. В частности, температуры гомогенизации ФВ имеют значения в интервале 130-184°C

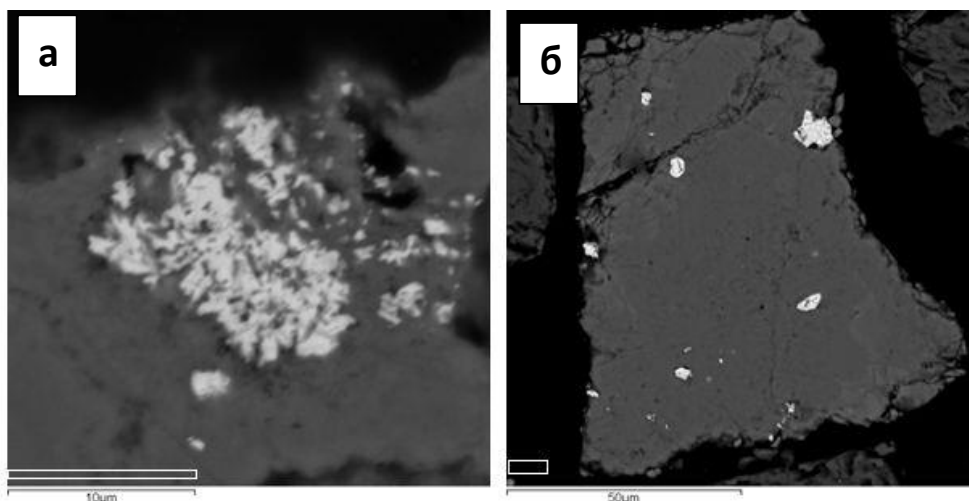


Рисунок 8. Морфология выделений Au-Ag содержащих минералов Третьяковского месторождения: а – агрегат ютенбогаартита (Ag_3AuS_2); б – зерна Se-содержащего акантита (Ag_2S) в гетите

1.6. Показано, что особенности Маринкина концентрически-зонального дунит-троктолит-габбрового массива (Средне-Витимская горная страна) свидетельствуют о многократной перекристаллизации при изменении геологических и термодинамических условий и значительном термальном и флюидном воздействии поздних гранитов, что и сформировало медно-никелевую и хромититовую минерализацию.

Особенности Маринкина массива свидетельствуют о многократной перекристаллизации при изменении геологических и термодинамических условий и значительном термальном и флюидном воздействии поздних гранитов. В результате ультраосновные породы были регенерированы, а основные – изменены. Сульфидная медно-никелевая минерализация и хромититы обнаружены гипсометрически высоко, на вершине гольца, что необычно для такого оруденения, для которого более характерно нахождение в придонных частях интрузивов.

Изотопный состав серы пирита вмещающих амфиболитов и сульфидной медно-никелевой минерализации дунитов ($+1,4...+2,2\text{‰ } \delta^{34}\text{S}$), свидетельствует о мантийном происхождении серы. Рассеянные сульфиды ликвационного происхождения образовали жильную минерализацию в результате регенерации дунита.

Хромитовая минерализация также сформирована регенерацией дунитов. Это доказывает немагматический состав включений в хромшпинели, оливине и сульфидах, а также интерстициального парагенезиса: преобладают хлорит и доломит, помимо других минералов обычны галит, флогопит, аспидолит, брусит, магнетит, хлорапатит, эпидот, шпинель, другие карбонаты и хлориды. На контакте с хромшпинелью среди неизмененного

оливина с эпидотом отмечен турмалин ферувит. В магнетите отмечено зерно гринокита CdS с изоморфной примесью Fe, Cu и Zn. Идиоморфные включения хлорита в хромшпинели показывают, что зерна последней формировались путем собирательной перекристаллизации ламелей в оливине. Необычны реликтовый лейстоподобный серпентин и незначительная серпентинизация, неоднородный состав оливина и хромшпинели (пятнистое распределение участков разного состава до хромита и магнетита в одном зерне), клавишное погасание, ламелли хромшпинели и магнетита в оливине, идиоморфность хлорита, развитие изометричного магнетита, не содержащего Ti.

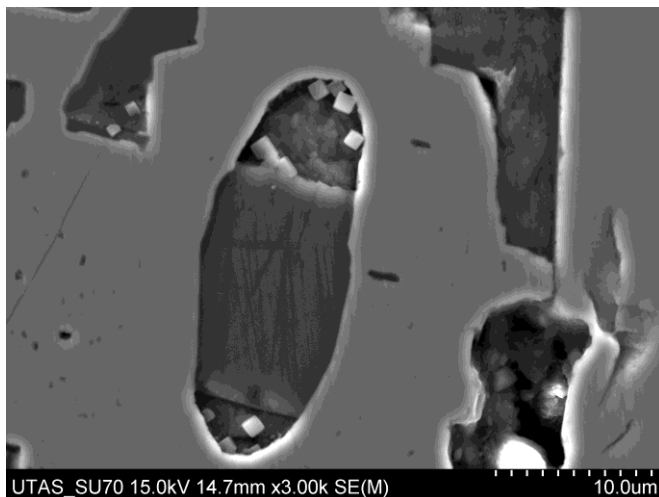


Рисунок. 9. Включения в хромшпинели доломита, галита и хлорита. Образец 27-15.

1.7. Изучены сапфиры из аллювия руч. Нарын-Гол и в пирокластике близлежащего щелочно-базальтового палеовулкана Барун-Хобол Правый (Джидинское базальтовое плато, бассейн р.

Дархинтуй). Сапфиры, как в россыпи, так и в пирокластике ассоциируют с мегакристами граната, оливина, шпинели, санидина, авгита, ильменита. Обогащение камнесамоцветным материалом наблюдается в средней и приустьевой части россыпи, в слоях, содержащих продукты разрушения базальтов, независимо от особенностей сортировки материала в россыпи. Корунды Нарын-Гол окрашены в синий и голубой, зеленый, желтый, серый, коричневый и даже грязно-розовый цвет (рис. 10). Химический и микроэлементный состав их в целом типичен для «базальтовых» сапфиров - с высоким содержанием Fe, и низким - Ti и Cr. По размеру сапфир варьирует от 3 до 7 мм, достигая иногда 15 и более мм. Наиболее часто встречаются обломки/фрагменты боченковидных и столбчатых кристаллов, дипирамиды редки. Поверхность кристаллов несет следы оплавления, растворения и роста. Полевой шпат представлен санидином; гранат пироп-альмандином (Prp 0,545, Alm 0,312, Grs 0,118). Оливин – форстерит (Mg# 90,27). Шпинель представлена плеонастом, с содержанием хрома и титана 0,57 и 0,81 соответственно. Ортопироксен представлен энстатитом. Также в россыпи были обнаружены псевдоморфозы оксидов и гидроксидов Fe по пириту. Сапфиры, как и ассоциирующие минералы, имеют содержания 4,6-6,4 ‰ $\delta^{18}\text{O}$, что указывает на магматогенное происхождение корундов из россыпей и делювия.



Рисунок 10. Цвет и прозрачность корундов Нарын-Гол

1.8. Представлен анализ особенностей формирования и освоения минерально-сырьевого сектора Республики Бурятия, выявлены проблемы, тормозящие его развитие. Показано, что это традиционная отрасль экономики региона, обладающего большим количеством месторождений разнообразного сырья (рис. 11), но при этом их промышленное освоение недостаточно. Определено, что, наряду с неблагоприятной конъюнктурой, кризисными явлениями, недостатком средств, негативно сказываются

суровый климат, сейсмичность, сложный рельеф и слабая инфраструктура. Проанализирован такой тормозящий фактор, как особые экологические требования на Байкальской природной территории. Предложен ряд мер, могущих усилить развитие минерально-сырьевого комплекса Бурятии. Показано, что в ближайшем будущем необходимы восстановление воспроизводства сырьевой базы в золотодобыче, запуск Озёрного месторождения, масштабное освоение Хиагдинского уранового рудного поля.

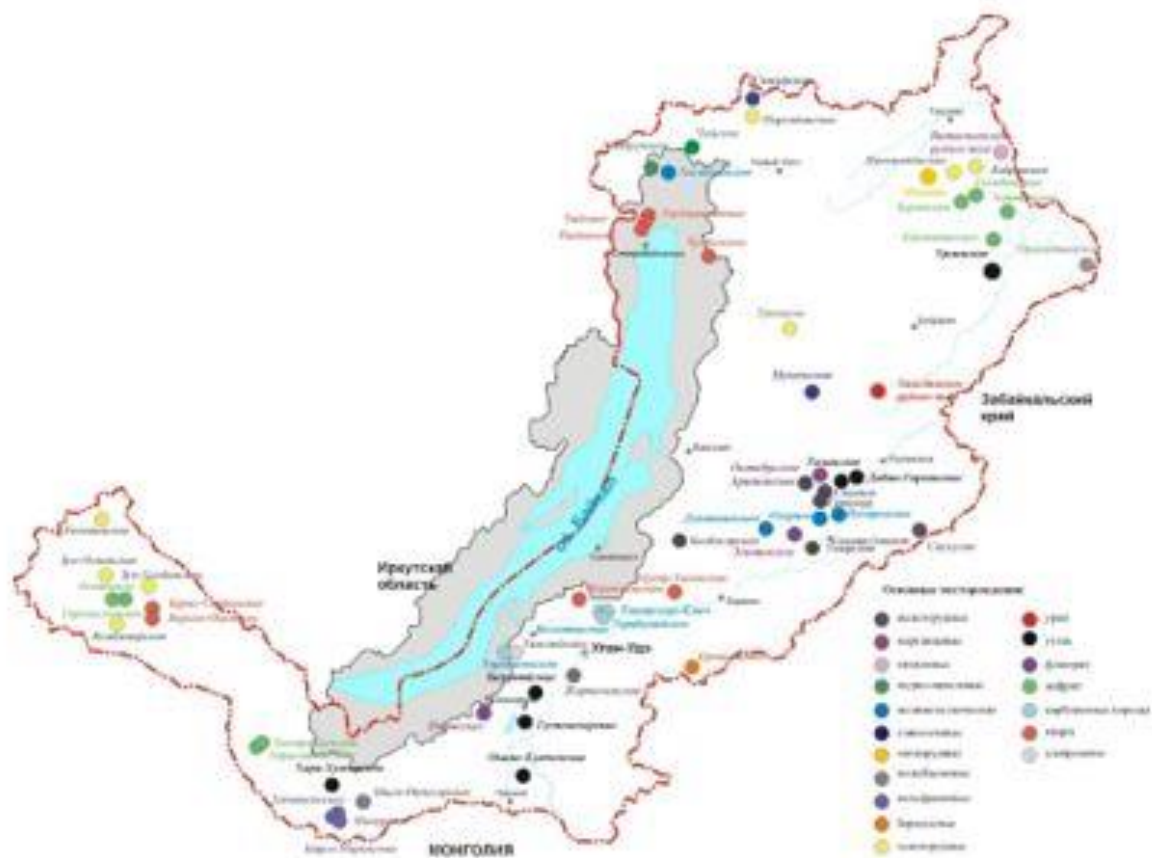


Рисунок 11. Схема расположения основных месторождений на территории Бурятии. Центральная экологическая зона Байкальской природной территории выделена серым цветом.

Месторождения: 1 — железорудные, 2 — марганцевые, 3 — титановые, 4 — медно-никелевые, 5 — полиметаллические, 6 — глиноземные, 7 — оловорудные, 8 — молибденовые, 9 — вольфрамовые, 10 — бериллиевые, 11 — золоторудные, 12 — урановые, 13 — угольные, 14 — флюоритовые, 15 — нефритовые, 16 — карбонатных пород, 17 — кварцевые, 18 — алевролитовые.

Заключение

В результате работ 2019 г. получены важные данные, имеющие существенное значение для создания эволюционных моделей и минерагенической типизации рудообразующих систем Йоко-Довыренского расслоенного массива, Мыкерт-Санжеевского рудного поля, золоторудных месторождений и рудопроявлений юго-восточной части Восточного Саяна. Получены первые данные по ряду других рудных объектов, создавших весомый задел для будущих исследований.

В результате продолжения изучения Йоко-Довыренского расслоенного массива (Северное Прибайкалье) существенно детализированы и уточнены модели рудообразующих систем. Получены новые геохимические данные по породам экзоконтакта и апокарбонатным скарнам, показавшие рудогенетическую роль восстановленного углекислого флюида, переносящего в том числе платину. В ЭПГ-Cu-Ni оруденении изучена геохимия и минералогия ряда нехарактерных элементов (ртуть, кадмий, германий), что позволило уточнить роль контаминации и этапность формирования благороднометалльного оруденения. На основе детального изучения минерального состава показано, что хромититы, приуроченные к зоне развития магнезиальных скарнов в верхней части дунитового горизонта, представляют собой высокохромистые скарны магматического этапа.

Получены и обобщены новые результаты исследований благороднометалльно-полиметаллической минерализации Мыкерт-Санжеевского рудного поля. Полученные данные указывают на то, что первичными источниками вещества Мыкерт-Санжеевской рудообразующей системы является мантийно-коровый венд-рифейский ультрабазит-базитовый комплекс нижней части земной коры.

На основе обобщения данных по составу главных продуктивных минеральных парагенезисов проведена типизация золоторудных месторождений и рудопроявлений, локализованных в различных структурно-металлогенических зонах юго-восточной части Восточного Саяна. Проведены минералогические исследования золото-кварцевого рудопроявления Надежда, расположенного в пределах Холбинского рудного поля в Восточном Саяне. Изучены особенности распределения редких и второстепенных рудных минералов крупнейшего в Восточном Саяне Зун-Холбинского золоторудного месторождения.

На основе новых структурно-вещественных данных предложена динамометаморфическая модель формирования Юбилейного рудного поля. Проведены минералогические и термобарогеохимические исследования руд Третьяковского золото-флюоритового месторождения. Показано что особенности Маринкина концентрически-

зонального дунит-троктолит-габбрового массива (Средне-Витимская горная страна) свидетельствуют о многократной перекристаллизации при изменении геологических и термодинамических условий и значительном термальном и флюидном воздействии поздних гранитов, что и сформировало медно-никелевую и хромититовую минерализацию. Изучены сапфиры из аллювия руч. Нарын-Гол и в пирокластике близлежащего щелочно-базальтового палеовулкана Барун-Хобол Правый (Джидинское базальтовое плато, бассейн р. Дархинтуй). Представлен анализ особенностей формирования и освоения минерально-сырьевого сектора Республики Бурятия, выявлены проблемы, тормозящие его развитие.

Поставленные задачи выполнены в полной мере. Полученные результаты имеют значительный практический интерес для поисков, разведки и оптимальной отработки месторождений полезных ископаемых. Уровень выполненной работы в целом соответствует мировому уровню.

ПРИЛОЖЕНИЕ Количество научных публикаций в журналах, индексируемых в российских и международных информационно-аналитических системах научного цитирования ("Сеть науки" (Web of Science), Scopus, MathSciNet, Российский индекс научного цитирования, Google Scholar, European Reference Index for the Humanities и др.) по проекту за 2019 год:

Дамдинов Б.Б. Минеральные типы месторождений золота и закономерности их размещения в юго-восточной части Восточного Саяна // Геология рудных месторождений. 2019. Т. 61, №2. С. 23-38. DOI: 10.1134/S1075701519020016.

Дамдинов Б.Б., Дамдинова Л.Б., Жмодик С.М., Миронов А.Г. Состав и условия формирования золотоносных пирротиновых руд Восточного Саяна (на примере рудопрооявления Ольгинское) // Геология и геофизика. 2019. Т. 60, №5. С. 666-687. DOI: 10.15372/RGG2019028

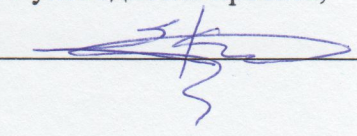
Дондоков З.Б.-Д., Потапов Л.В., **Кислов Е.В.** Состояние, проблемы и основные направления развития минерально-сырьевого сектора Республики Бурятия // География и природные ресурсы. 2019. №1. С. 137-145. DOI:10.21782/GIPR0206-1619-2019-1(137-145)

Симакин А.Г., Кислов Е.В., Салова Т.П., Шапошникова О.Ю., Некрасов А.Н. Восстановленный углекислый флюид как фактор рудогенеза на примере аподоломитовых скарнов Йоко-Довыренского массива // Петрология. 2019. №1. С. 4-18. DOI:10.31857/S0869-59032714-18

Yalovik L.I., Tatarinov A.V. Characterization of Yubileyny Field Ore Potential Based on New Structure – Substance Information // Geomaterials. 2019. V. 9, N 1. P. 1-16. DOI: 10.4236/gm.2019.91001

Худякова Л.И., Кислов Е.В., Войлошников О.В. Основные породы рудоносных ультрамафит-мафитовых комплексов и их практическое использование // Горный журнал. 2019. № 10. С. 25-30. DOI: 10.17580/gzh.2019.10.02

И.о. научного уководитель проекта,

Кислов Е.В.  зав лабораторией, к.г.-м.н.