

Федеральное агентство научных организаций
ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ НАУКИ
ГЕОЛОГИЧЕСКИЙ ИНСТИТУТ
СИБИРСКОГО ОТДЕЛЕНИЯ РОССИЙСКОЙ АКАДЕМИИ НАУК

УДК 553.411(571.1/.5)

№ гос. рег.

AAAA-A17-117011650012

Инв. № 5



УТВЕРЖДЕНО

РЕШЕНИЕМ УЧЕНОГО СОВЕТА

Протокол № 13 от «21» ноября 2017 г.

Председатель Ученого совета,
директор института, д.г.-м.н.

А.А. Цыганков

ОТЧЕТ за 2017 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 ИСГЗ ФАНО
0340-2016-0005

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

Научный руководитель
д.г.-м.н.

А.В. Татаринов

Улан-Удэ, 2017

Список исполнителей

Руководитель проекта

гнс, д.г.-м.н. А.В. Татаринов (блок 1)



Исполнители проекта

зав. лаб., к.г.-м.н. Е.В. Кислов (блок 2)



снс, к.г.-м.н. Б.Б. Дамдинов (блок 2)



снс, к.г.-м.н. Л.И. Яловик (блок 1)



мнс, к.г.-м.н. Б.Л. Гармаев (блок 2)

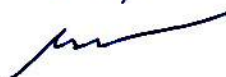
инженер, к.г.-м.н. Н.Г. Бугаева



инженер-лаборант Н.М. Барышникова



инженер А.В. Малышев



инженер-лаборант М.А. Ранжурова



инженер Н.Г. Сметанина



Содержание

	Стр.
Реферат.....	1
Нормативные ссылки.....	2
Введение.....	2
Основная часть.....	3
I. Важнейшие результаты.....	3
II. Основные результаты блока I (<i>д.г.-м.н. А.В. Татаринов, к.г.-м.н. Л.И. Яловик</i>).	6
2.1. Геолого-генетическая модель рудообразующей системы Озернинского месторождения поликомпонентных руд (<i>Fe, Pb, Zn, Cd, Au и др.</i>)	6
2.2. Геолого-генетическая модель рудообразующей системы Назаровского месторождения поликомпонентных руд (<i>Fe, Mn, Zn, Pb, Au и др.</i>) золото-железо-полиметаллической формации.....	8
III. Основные результаты блока II (<i>к.г.-м.н. Е.В. Кислов, к.г.-м.н. Б.Б. Дамдинов, к.г.-м.н. Б.Л. Гармаев</i>).....	9
Заключение.....	14
Список использованной литературы.....	16
Приложение А.....	18

Реферат

Отчет, 18 стр., 10 рис., 12 ист., 1 прил.

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

По этапу 2017 г целью исследований являлось создание геолого-генетических моделей рудообразующих систем Озернинского и Назаровского месторождений поликомпонентных руд, установление этапов и стадий формирования рудообразующей системы поликомпонентных руд Йоко-Довыренского расслоенного ультрабазит-базитового массива (Северное Прибайкалье), формационно-генетическая типизация и определения возрастных этапов рудообразования в золоторудных месторождениях Восточно-Саянского офиолитового пояса. Кроме этого, проводились исследования, направленные на решение других вопросов, необходимых для создания более научно аргументированных геолого-генетических моделей рудообразующих систем. Во-первых, это выяснение роли микроорганизмов в геохимическом концентрировании компонентов поликомпонентных руд. Для решения этой задачи изучалась биокосная рудно-геохимическая система Хойтогорьского термального источника (Восточный Саян). Во-вторых, на примере ряда объектов (золоторудное поле Мукадек, Ирокиндинское месторождение Au и ЭПГ, Горлыкгольское месторождение нефрита) осуществлялись исследования с целью разработки минералого-геохимических критериев, позволяющих отличать рудные образования динамометаморфического генезиса от традиционных гидротермальных.

В результате проведенных исследований получен ряд новых важнейших научных достижений, зафиксированных в журнальных публикациях: 1) формирование современной Хойтогорьской рудногеохимической системы (термальные воды–микроорганизмы–травертины), использованной в качестве основного элемента геолого-генетических моделей Озерного и Назаровского месторождений; 2) для рудоносного Оспинского массива ультрабазитов на примере нефрита установлен деформационный механизм формирования платинометалльной минерализации; 3) показано, что выявленные в рудах Ирокиндинского месторождения сферические микрочастицы являются индикаторами тектонических условий функционирования рудообразующих

систем; 4) на примере рудного поля Мукадек установлены геохимические критерии концентрирования Au при динамометаморфизме.

Ключевые слова: рудообразующая система, поликомпонентные руды, золото, полиметаллы, генезис, модель.

Нормативные ссылки

Настоящий отчет о НИР составлен с использованием Государственного стандарта ГОСТ 7.32-2001 в редакции 07.09.2005 г.

Введение

Цель проекта – создание эволюционных моделей формирования рудообразующих систем Саяно-Байкальской складчатой области, продуцирующих рудную минерализацию (благороднометалльная) поликомпонентного состава, нетрадиционных типов на основе петролого-геохимических исследований.

Предусматривается решение следующих основных задач:

1. Рудногеохимическая и минеральная типизация месторождений, проявлений с комплексными рудами, локализованных в разновозрастных ультрабазит-базитовых массивах и телах гранитоидов, а также в других типах пород, расположенных в ареалах их распространения.

2. Выявление геохимических индикаторов связи рудообразования с магматизмом и флюидодинамикой рудообразующих систем.

3. Установление источников вещества для различных типов комплексных руд на основе петролого-геохимических и изотопно-геохимических данных.

4. Изучение и типизация механизмов геохимической мобилизации, рассеивания, концентрирования рудного вещества на различных этапах формирования рудообразующих систем.

5. Металлогеническая типизация рудообразующих систем и факторы, определяющие их продуктивность.

По этапу 2017 г целью исследований являлось создание геолого-генетических моделей рудообразующих систем Озернинского и Назаровского месторождений поликомпонентных руд Удино-Витимской минерагенической зоны, установление этапов и стадий формирования рудообразующей системы поликомпонентных руд Йоко-Довыренского расслоенного ультрабазит-базитового массива (Северное Прибайкалье), выполнение формационно-генетической типизации и определения возрастных этапов рудообразования в золоторудных месторождениях Восточно-Саянского офиолитового пояса.

Основная часть отчета

I. Важнейшие результаты

1.1 Биокосная Хойто-Гольская система (термальные воды-микроорганизмы-травертины) является природной моделью месторождений поликомпонентных руд типа Озерного на рудоподготовительных этапах их формирования. Установлено, что бактериальные сообщества на испарительном геохимическом барьере, освобождаясь от аккумулированных из воды металлов-катализаторов (Cu, Zn, Pb, Fe и др.) концентрируют их в минеральные формы (рис. 1) и обогащают травертины.

Татаринов А.В., Яловик Л.И., Кашкак Е.С., Данилова Э.В., Хромова Е.А., Хахинов В.В., Намсараев Б.Б. Минералого-геохимические особенности бактериальных матов и травертинов термального источника Хойто-Гол (Восточные Саяны) // Геология и геофизика. 2017. Т. 58. № 1. С. 60-73.

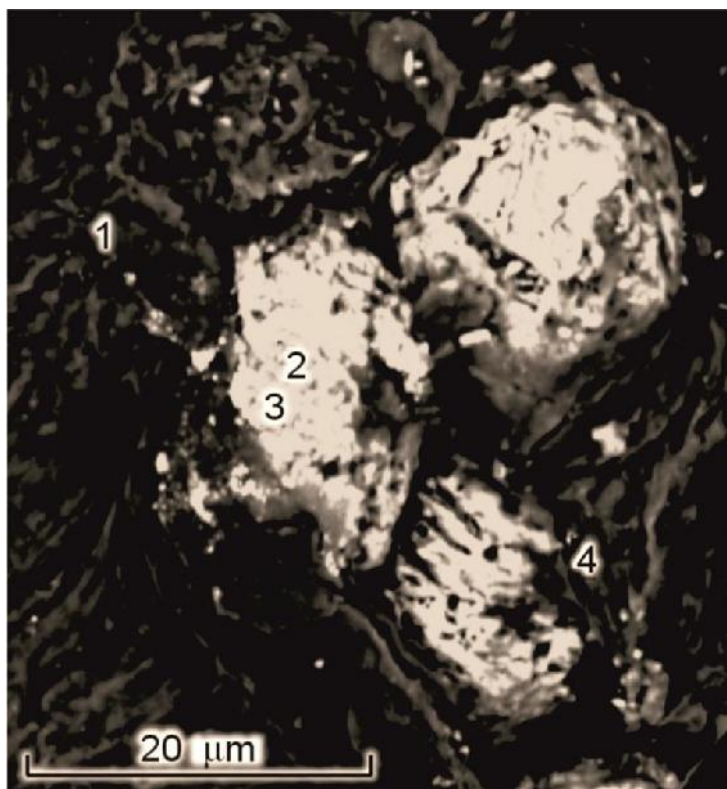


Рисунок 1. Минералы в биопленке пурпурных бактерий источника Хойто-Гол (в скобках %).

1 – мирабилит (3.1), кварц (1.3), нахколит (1.2), калицинит (0.7); 2 – интерметаллид Zn-Ce (78.0), кальцит (19.6), сфалерит (2.4); 3 – интерметаллид Zn-Ce (84.6), кальцит (10.0), кварц (2.9); 4 – монацит (49.4), гидроксил-апатит (10.9), кварц (4.9).

1.2. Впервые обнаружены реликтовые минералы платиновой группы (МПП) в нефрите тремолит-диопсидового состава, генетически связанного с дайкой бонинитов Горлыкгольского месторождения (рис. 2), приуроченного к отрезку зоны серпентинитового меланжа в южной части Оспинско-Китойского массива ультрабазитов Восточно-Саянского офиолитового пояса. Диагностированы микро-, нанофазы МПП: рутениридосмин с примесью Ni, Fe, рутений, рутенистый Ir, иридоарсенид, омеит, лаурит.

Источник МПГ-хромшпенелиды из гарцбургитов и дунитов, подвергнутые деформационным преобразованиям.

Татаринов А.В., Яловик Л.И., Канакин С.В., Зяблицев А.Ю. Первая находка нефрита с акцессорными минералами платиновой группы // Доклады АН. 2017. Т. 473. № 2. С. 201-204.



Рисунок 2. Микро- и нановключения платиноидов в нефрите Горлыкгольского месторождения (содержания в %).

1 – ранний рутениридосмин с примесью Ni, Fe; 2 – ассоциация поздних МПГ (иридоарсенид 34, омейит 8, лаурит 2) с теллурантимонитом (31), гудмундитом (2). Нанофазы раннего Ru (23) с примесью Os (14); 3 – парагенезис позднего иридоарсенида (70) с аллемонтитом (13), теллурантимонитом (4). Реликтовые нанофазы раннего рутенистого Ir (13) состава: Ir 8, Ru 5; 4 – диопсид (диопсид 87, геденбергит 6, ферросилит 4); 5 – тремолит (тремолит 83, ферротремолит 10, примесь магнетита 3); 6 – ассоциация минералов: тремолит (60), серпентин (20), магнетит (5).

1.3. Впервые обнаруженные и изученные сферические микрочастицы являются индикаторами условий функционирования рудообразующей системы Ирокиндинского месторождения золота. По строению и вещественному составу (рис. 3) они отличаются от микросферул золоторудных месторождений (Сухой Лог и Первенец Ленского района). Рассматриваемые месторождения объединяет высокая тектоническая активность среды рудообразования с нестабильным режимом температуры и давления.

Татаринов А.В., Яловик Л.И., Ванин В.А. Сферические микрочастицы из золоторудных кварцевых жил Ирокиндинского месторождения (Западное Забайкалье) // Геодинамика и тектонофизика, 2016. Т. 7. № 4. С. 651-662.

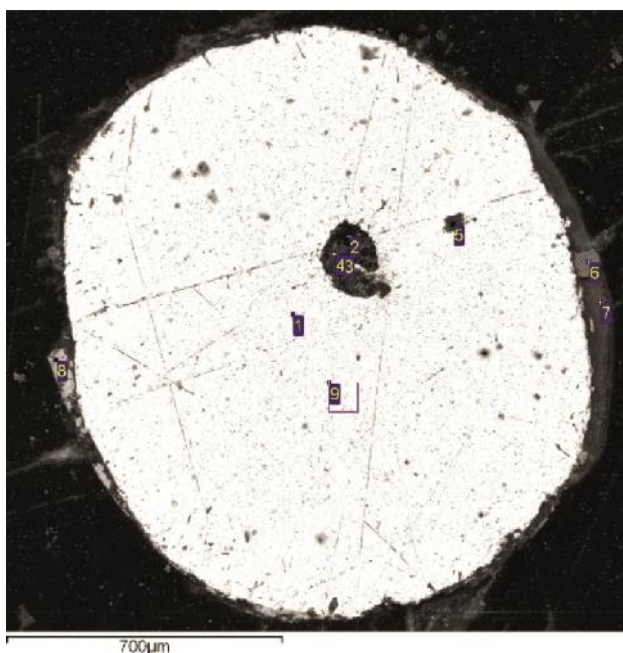


Рисунок 3. Сферическая частица карбида железа с минеральными включениями

1, 9 – карбид железа (1 – Fe – 87,4 мас. %, C – 9,39%; 9 – Fe – 85,2%, C – 14,05%, Al – 0,75%). Включения: 2 – графит с примесью O – 4,17%, Cl – 0,5%; 3 – кальцит – 67,8%, графит – 31,1%, кварц – 1,2%, гиббсит – 0,9%; 4 – графит – 76,7%, кальцит – 11,6%, эпсомит – 3,4%, нахколит – 3,3%, альбит – 2,7%, гиббсит – 0,6%, пирит – 0,6%, галит – 0,5%, сильвин – 0,3%, тенардит – 0,3%; 5 – графит – 60,8%, кальцит – 29,3%, эпсомит – 4,3%, альбит – 3,1%, гипс – ,4%, кварц – 0,4%, сильвин – 0,4%, галит – 0,2%, нахколит – 0,1%. Оторочка сферической частицы: 6 – кварц – 39,1%, натросилит – 24,0%, альбит – 10,8%, магnezит – 9,1%, кальцит 8,6%, калицинит – 2,0; 7 – кальцит – 11,1%, графит – 8,1%, кварц – 2,1%, магnezит – 1,7%, нахколит – 1,7%, CaBr_2 – 1,3%, сильвин – 0,6%, сидерит – 0,4%, галит – 0,3%, пирит – 0,3%; 8 – магнетит – 51,3%, яkobсит – 22,7%, ильменит – 7,8%, графит – 7,6%, кварц – 6,8%, кальцит – 1,9%, корунд – 1,5%, хромит – 0,4%.

1.4. На примере рудного поля Мукадек (Северное Прибайкалье) изучено геохимическое поведение золота в ходе динамометаморфического рудообразования (рис. 4). Установлено, что по сравнению с исходными породами в рудных динамометаморфитах около 40% тонкодисперсного золота подвергается укрупнению при лавинообразном росте его средних содержаний более чем в 100 раз.

Ванин В.А., Татаринов А.В., Гладкочуб Д.П., Мазукабзов А.М., Молочный В.Г. Роль динамометаморфизма в формировании золоторудного поля Мукадек (Северное Прибайкалье) // Геодинамика и тектонофизика, 2017. Т. 8. № 3. С. 643-653.

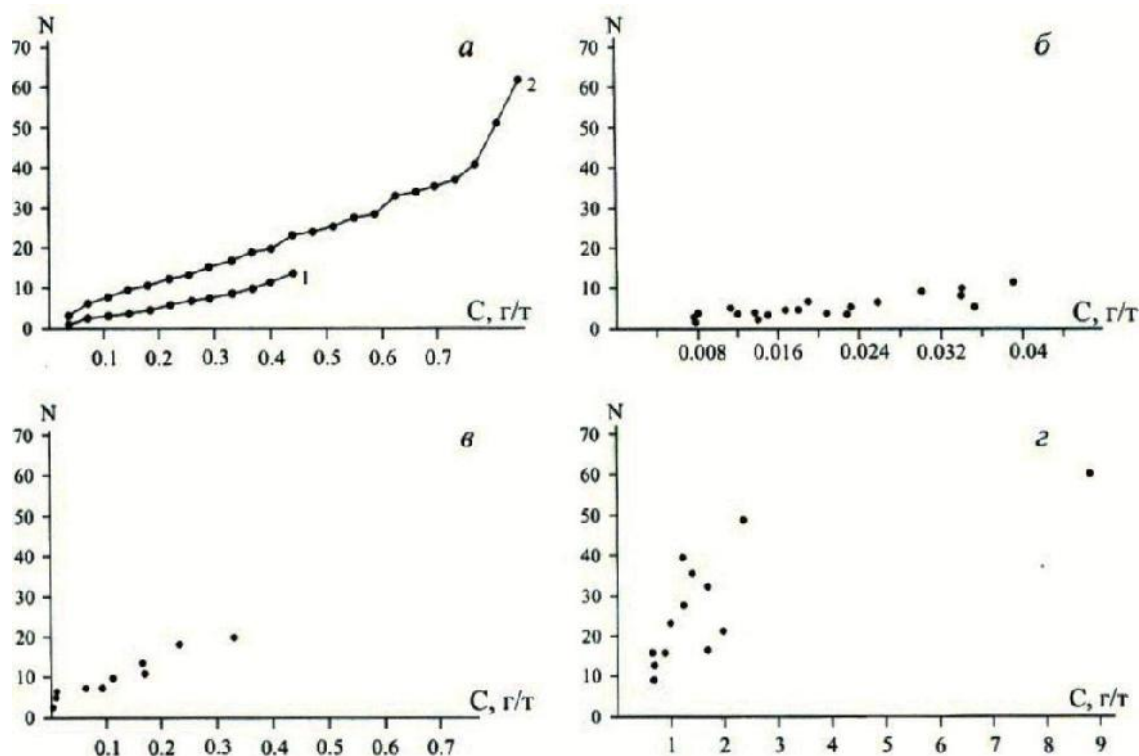


Рисунок 4. а – тренды распределений частиц золота (N) во вмещающих породах (1) и рудных зонах (2). Точки на графиках – пробы. б – график корреляции между числом частиц (N) и содержаниями (C) Au по данным САЭА проб вмещающих пород; в – график корреляции между числом частиц (N) и содержаниями (C) Au по данным САЭА проб динамометаморфического комплекса рудных зон; г – график корреляции между числом (N) и содержаниями (C) Au по данным САЭА проб рудных тел.

II. Основные результаты блока I (д.г.-м.н. А.В. Татаринов, к.г.-м.н. Л.И. Яловик)

2.1. Геолого-генетическая модель рудообразующей системы Озернинского месторождения поликомпонентных руд (Fe, Pb, Zn, Cd, Au и др.)

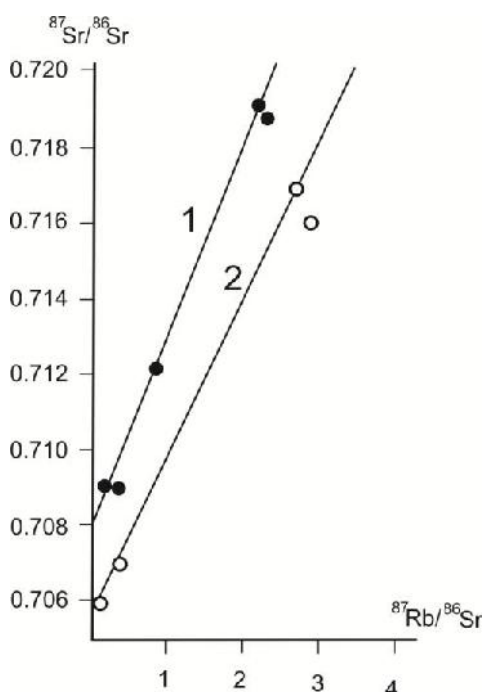
Этапы формирования рудообразующей системы (геохимического концентрирования рудного вещества). Использованы данные Васильева (1977), Гордиенко и др. (2010, 2015, 2016), Постникова и др. (1997), Руженцева и др. (2010).

- Рудоподготовительный 1 (рифей-венд). Формирование вулканоплутонической ассоциации Селенгино-Витимского зеленокаменного пояса, геохимически специализированной на Fe, Mn, Zn, Pb, благородные металлы и др. рудные элементы. Содержания $Zn=29-40$ г/т, $Pb=4-18$ г/т, $Zn:Pb=3.5$ (среднее).

- Рудоподготовительный 2? (ϵ_1). Формирование вулканитов различных петрохимических типов (андезито-базальты, андезиты, дациты, риолиты и их субщелочные разновидности). Содержания $Zn=50-200$ г/т, $Pb=10-40$ г/т, $Zn:Pb=4.9$.

• Рудоподготовительный 3 (S₂-D₃). Грязевулканический с функционированием термальных источников, образованием травертинов (“рифогенные известняки”, тела сидеритов) и частично гейзеритов. При активном участии в процессах минералообразования бактериальных сообществ. В существенно кальцитовых травертинах содержатся: Zn=110-540 г/т, Pb=27-39 г/т, Zn:Pb=7.4. Сидериты обогащены Zn (до 9.2%), Pb (до 1.1%), Mn (до 6.3%).

• Рудный 1 (C₁ – 330 млн. лет, рис. 5) – динамометаморфический с мобилизацией, перераспределением рудных компонентов и с преимущественным их отложением в зоне автокластического меланжа линзовидно-пластинчатого типа (пластичные карбонатные породы), с образованием крупных пластообразных и линзовидных скоплений промышленных руд, главным образом сульфидных галенит-сфалеритовых. При этом в



более хрупких частях разреза месторождения, представленных алюмосиликатными породами (в основном вулканитами) возник синрудный автокластический меланж блокового типа, характеризующийся значительно меньшими масштабами динамогенного оруденения, локализованного в цементирующем блоке милонит-катаклазитовом субстрате.

Рисунок 5. Rb-Sr изотопная диаграмма для рудно-породного комплекса Озерного месторождения (аналитик В.Ф. Посохов, ГИН СО РАН). 1 – первый рудный этап (330 млн. лет), 2 – второй рудный этап (268 млн. лет).

• Рудоподготовительный 4 (C₂-C₃). Формирование вулканогенно-плутонической ассоциации сурхэбского комплекса (базальты, андезиты-базальты, андезиты; габбро-диоритовая серия), породы которой геохимически специализированы на Fe, Mn, благородные металлы, вероятно также и на U, Bi, Cu.

• Рудный 2 (P₁ – 286 млн. лет). Динамометаморфический, с регенерацией руд, сформированных в первый рудный этап, и образованием золотоносной, иногда с ураном, кварц-сульфидной и пиритовой минерализации по породам сурхэбского комплекса. При этом, преимущественно формируются мелкие рудные скопления, локализованные в крутопадающих сдвигах, осложняющих ранний автокластический меланж. В результате

этих деформационных преобразований шарьяжно-надвиговая структура Озерного месторождения в итоге превратилась в весьма сложную тектоно-микститовую постройку рифтогенной структуры в результате проявления деформационного механизма континентального рифтогенеза (по В.Е. Хаину, М.Г. Ломизе, 2005).

2.2. Геолого-генетическая модель рудообразующей системы Назаровского месторождения поликомпонентных руд (Fe, Mn, Zn, Pb, Au и др.) золото-железо-полиметаллической формации

Этапы формирования рудообразующей системы (геохимического концентрирования рудного вещества. Используются данные Ковалева и др. (2003), Феофилактова (1986), Царева, Фирсова (1988) и др.

- Рудоподготовительный 1 (рифей-венд). Формирование вулканоплутонической ассоциации Селенгино-Витимского зеленокаменного пояса, геохимически специализированной на Fe, Mn, Zn, Pb, благородные металлы и др. рудные элементы. Содержания Zn=29-40 г/т, Pb=4-18 г/т, Zn:Pb=3.5 (среднее).

- Рудоподготовительный 2 (S₂-D₃?). “Назаровская свита”. Грязевулканический с функционированием термальных источников, образованием травертинов (“известняки”, “известковистые алевролиты”, “сидериты”). В существенно кальцитовых травертинах содержатся: Zn=94-540 г/т, Pb=27-48 г/т, Zn:Pb=6.1.

- Рудоподготовительный 3 (C₂-C₃). Формирование вулканоплутонической ассоциации сурхэбского комплекса с рудно-геохимической специализацией на Fe, Mn, Zn, Pb (вулканы: Zn=88-200 г/т, Pb=40-45 г/т, Zn:Pb=3.3; габбро: Zn=130, Pb=45, Zn:Pb=2.9 и гранитоидов зазинского комплекса с повышенным геохимическим фоном Mo, Be, Bi, Co, Au. Повышенные содержания Au отмечены (Ковалев и др., 2003) в дайках долеритов (36 мг/т) и сиенитов (100 мг/т).

- Рудный этап (P₁ – 286 млн. лет) – динамометаморфический. Проявлен в узкой субмеридиональной крутопадающей тектонической зоне сдвига. При этом, сформировалась рудоносная зона линзовидно-пластинчатого меланжа по карбонатным породам в сочетании с глыбовым по алюмосиликатной толще. В дальнейшем структура месторождения стала более хаотичной, приобретая на отдельных участках тектономикститовый характер (рис. 6).

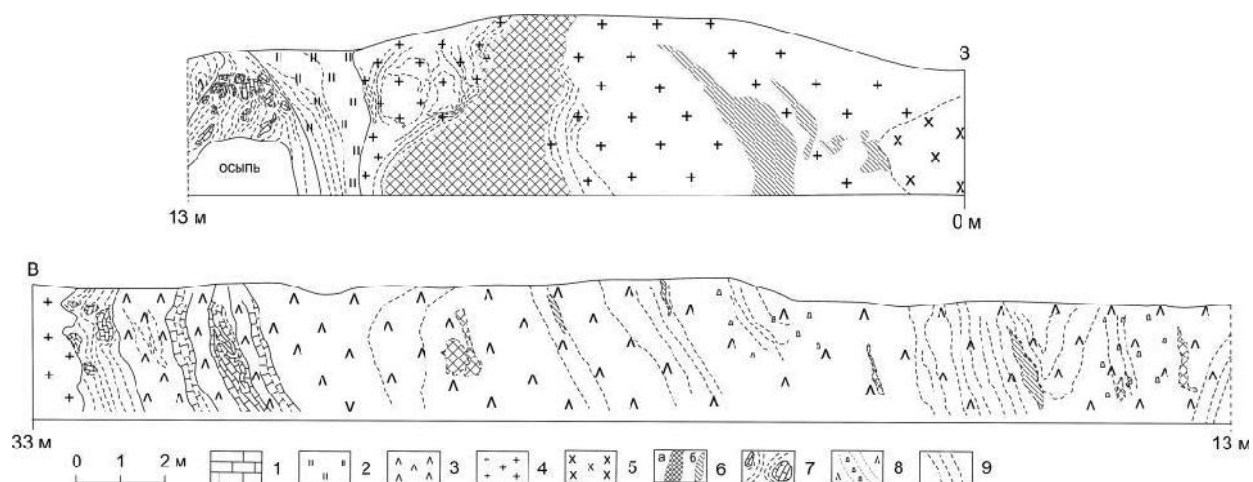


Рисунок 6. Разрез северной стенки карьера Назаровского месторождения.

1 – карбонатные породы неравномерно мраморизованные в зонах меланжа; 2 – слюдисто-полевошпатово-карбонатные динамосланцы; 3 – метаэффузивы измененные до карбонат-плагиоклаз-амфиболовых и хлоритовых сланцев; 4 – лейкократовые граносиениты; 5 – гранодиориты; 6: а – сфалерит-гематит-марганцевая руда (по сидеритовым травертинам), б – родонит-сидерит-лимонитовая руда; 7 – тектономикститы по травертиновым породам; 8 – динамокластиты по метаэффузивам; 9 – зоны рассланцевания.

III. Основные результаты блока II (к.г.-м.н. Е.В. Кислов, к.г.-м.н. Б.Б. Дамдинов, к.г.-м.н. Б.Л. Гармаев)

3.1. Выделены этапы образования сульфидной минерализации в Довыренском массиве:

- Сульфидное платинометалльно-медно-никелевое оруденение в плагиолерцоитах подошвы и приподошвенных силлов (Байкальское месторождение).
- Малосульфидное платинометалльное оруденение в плагиолерцолитах в зоне перехода к дунитам.
- Троилит-пентландитовая минерализация с повышенным геохимическим фоном палладия в дунитах в зонах вокруг аподоломитовых ксенолитов.
- Сульфидная минерализация в троктолитах и метасоматических жильных диопсидитах в зонах вокруг аподоломитовых и апоалевролитовых ксенолитов (ручей Белый).
- Малосульфидная высокомедистая сульфидная минерализация в «нижних» троктолитах («риф Конникова»).

- Малосульфидная минерализация с кобальтовым пентландитом («под тригопунктом»).
- Малосульфидная платинометальная минерализация Главного рифа.
- Малосульфидные платинометальные горизонты верхней части расслоенной серии в массивных габбро и габброноритах.
- Сульфидная минерализация прикровлевой части массива.

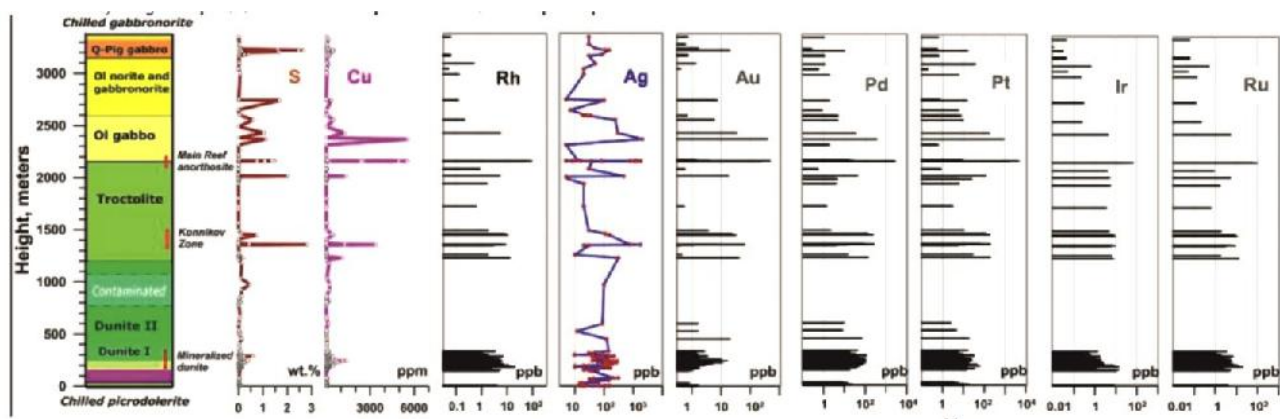


Рисунок 7. Распределение S, Cu, ЭПГ, Au и Ag в породах по разрезу центральной части Йоко-Довыренского массива.

В 2017 г. для ряда этапов обозначены и изучены стадии рудообразования.

Исследован состав сульфидных капель в оливиновых габброноритах приподожвенных силлов (1 этап). Выделяется основной приплюснутый “сфероид”, осложненный множеством микроапофиз, и окружающее его кольцообразное гало мелкой сульфидной вкрапленности. Окружающее гало систематически более медистое и менее никелистое, чем основная капля. То есть, получена минералого-химическая запись кристаллизационной эволюции исходных MSS- и более поздних ISS-сульфидных расплавов, последним по составу отвечает сульфидная минерализация 5-8 этапов.

Для малосульфидного платинометального оруденения (этапы 2, 5, 7) установлены три стадии благороднометального рудообразования: (1) магматическая кристаллизация - включения иридистого осмия и лаурита в оливине и хромшпинелиде; (2) постмагматический пневматолитовый метасоматоз - вростки интерметаллидов и теллуридов Pd-Pt и Au-Ag в продуктах отжига интеркумулусных магматических сульфидов в силикатной матрице, обычно на контакте сульфидов; 3. эпигенетическая метаморфогенно-гидротермальная стадия - продукты замещения минералов благородных металлов двух первых типов при серпентинизации.

Этап 4 изучался в ходе экспедиционных работ: опробована сульфидная минерализация непосредственно троктолитов (включая пегматоидные разности), жильных и шпировидных диопсидитах в троктолитах, аполевролитовых роговиков и родингитов. Собрано 35 образцов.

Этап 9 изучался в ходе экспедиционных работ: в верховьях р. Тыя (северо-восточный фланг) установлено и опробовано 4 типа сульфидной минерализации: (а) рассеянная минерализация в габброноритах, (б) в телах габбро-пегматитов, (в) минерализация в связи с кварцевыми (кварц-карбонатными) жилами, окварцовывающими габбронориты, (г) кварц-карбонатные с резкими контактами без окварцевания габброноритами с крупными вкрапленниками халькопирита и галенита. Собрано 37 образцов.

Для характеристики этапов 5, 6, 9 проведено опробование в ходе экспедиционных работ. Для этапа 5 удалось найти проявления на расстоянии до 10 км по латерали, подтверждающее, что это не локальное образование. Собран каменный материал, характеризующий карбонатные и терригенные породы вмещающей толщи и сульфидную минерализацию в них на контакте с интрузивом и на удалении (к.г.-м.н. Е.В. Кислов).

3.2. Выделены раннепалеозойский аккреционно-коллизионный и позднепалеозойский сдвиговый возрастны́е этапы проявления золотого оруденения в юго-восточной части Восточного Саяна.

Полученные $^{40}\text{Ar}/^{39}\text{Ar}$ датировки по фукситу и серициту из тектонизированных и минерализованных зон Зун-Холбинского месторождения (рудное тело Северное-3) показали значения в интервале **353.9-386.4** млн. лет при неровном ступенчатом спектре (рис. 8 а, б). Близкая дата – **352.9** млн. лет, установлена при $^{40}\text{Ar}/^{39}\text{Ar}$ датировании Сг-мусковита из околосильных милонитизированных лиственитов Зун-Оспинского золоторудного месторождения (рис. 8 в).

В то же время, датировка мусковита из рудной кварцевой жилы Пионерского золото-кварцевого месторождения, расположенного вблизи Зун-Холбинского, соответствует возрасту **421.9** млн. лет (рис. 8 г). Особенностью этого месторождения является его локализация в архейских гранитогнейсах, не затронутых активными тектоническими процессами.

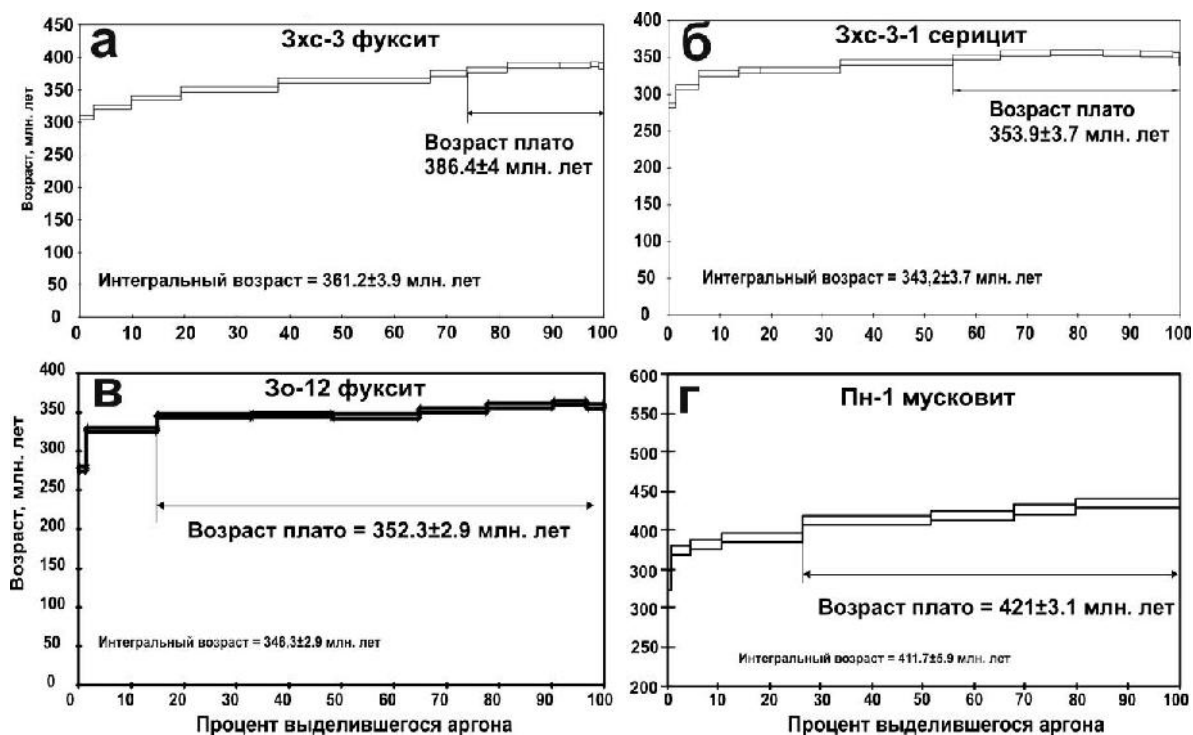


Рисунок 8. Результаты $^{40}\text{Ar}/^{39}\text{Ar}$ датирования слюд из руд золоторудных месторождений юго-восточной части Восточного Саяна: а, б - Зун-Холбинское; в – Зун-Оспинское; г – Пионерское.

Формирование главных промышленных золоторудных месторождений региона связывается с аккреционно-коллизийными событиями, происходившими в регионе в интервале 500-400 млн. лет. Этот этап отражается в Rb-Sr датировке околорудных метасоматитов Зун-Холбинского (Посохов и др., 1994) и $^{40}\text{Ar}/^{39}\text{Ar}$ возрасте мусковита из золото-кварцевых жил Пионерского месторождений. Позднепалеозойские (380-350 млн. лет) изотопные даты золото-сульфидно-кварцевых месторождений отражают завершающий этап формирования оруденения, в ходе которого произошло и становление рудоконтролирующих тектонических зон – меланжа, дробления и милонитизации. Этот этап связан со сдвиговыми деформациями, проявленными в это время, в пределах всего Центрально-Азиатского складчатого пояса, и обусловленными коллизией Казахстано-Байкальского и Сибирского континентов (к.г.-м.н. Б.Б. Дамдинов).

3.3. На Серебряном золоторудном проявлении изучен минеральный состав рудоносных зон катаклаза и милонитизации в гнейсо-гранитах Гарганской глыбы, золотосодержащих кварцевых жил и ассоциирующих с ними зон сульфидной минерализации.

Зоны рассланцевания и катаклаза пород имеют северо-западную ориентировку, мощность их на поверхности составляет 50-60 метров при протяженности около 400 м. Гнейсо-граниты в зонах тектонических нарушений превращены в березиты. Мощность кварцевых жил – от первых см до 0.1-0.5 м. Сульфидные минералы образуют сплошные



струи (полосы) в зальбандовых частях кварцевых жил (рис. 9), мощностью от 0.5 до 2-3 см. Основным рудным минералом является пирит (90%), в меньшей степени развит халькопирит (10%). Содержания золота колеблются от 2 до 6 г/т, в среднем составляя 4.5 г/т (к.г.-м.н. Б.Л. Гармаев).

Рисунок 9. Распределение сульфидной минерализации в кварцевых жилах в виде сплошных полос/струй на рудопроявлении Серебряное.

3.4. Оценено влияние даек барунхолбинского комплекса на распределение золотого оруденения в рудном теле «Валентина» Владимирского месторождения золота.

В результате проведенных исследований установлен минеральный состав рудоносных кварцевых жил до и после контакта с барунхолбинской дайкой (рис. 10). При их сравнении отмечается следующие основные черты: 1) в рудных жилах кварц серый, в безрудных – более светлый, до белого, в обоих случаях минерал трещиноватый; 2) в безрудных кварцевых жилах заметно увеличивается количество карбонатного минерала и хлорита; 3) в рудных жилах среди рудных минералов заметно преобладает пирит (халькопирит встречается редко), в безрудных жилах количество халькопирита выше, хотя и незначительное. Судя по сульфидизации, прожилковому окварцеванию и карбонатизации даек зона гидротермальных изменений пересекает дайку. Резкие снижения содержаний золота (с 18-ти до 0.8 г/т) до и после контакта с дайкой свидетельствует о том, что дайки являлись экраном для золотого оруденения (к.г.-м.н. Б.Л. Гармаев).

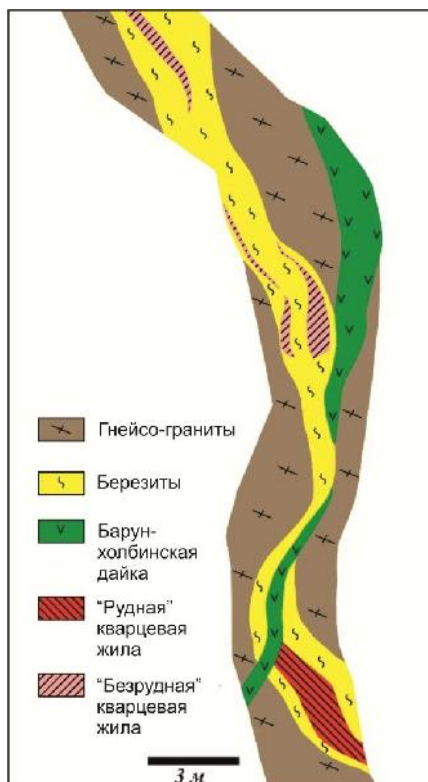


Рисунок 10. Фрагмент подземной горной выработки по рудному телу «Валентина», месторождение Владимирское.

Заключение

С 2017 года основное направление научных исследований по проекту IX.130.3.3 – создание геолого-генетических моделей рудообразующих систем локальных типовых рудных объектов в ранге месторождений и рудных полей благородных металлов, поликомпонентных руд, а также нетрадиционных по структурно-вещественным признакам рудопроявлений. В этой связи, на первый план выдвинулись следующие аспекты моделей: источники вещества, примеси и механизмы его геохимического концентрирования на рудоподготовительных и рудных этапах формирования рудообразующих систем, изотопно-геохимические датировки основных вех их развития. Важнейшие результаты, приведенные в отчете, как раз и посвящены решению этих актуальных вопросов. Так на примере Хойтогорьской биокосной системы (пресные термальные воды – бактериальные сообщества – травертины, частично гейзериты) установлено, что в процессах аккумуляции необходимых для жизни ионов Na, K, Ca, Mg и переходных металлов (V, Mn, Fe, Co, Ni, Cu, Zn, Pb, W, Mo) ведущая роль принадлежит микроорганизмам, а важнейший фактор минералообразования – испарительный геохимический барьер. Высушивание бактериальных биопленок, вызывающее переход значительного количества макро- и микроэлементов в минеральную форму, приводит к образованию на этом барьере органоминеральных “затравок”, стимулирующих формирование травертинов и гейзерит-травертиновых пород, в массе своей обладающими более высокими концентрациями относительно бактериальной органики содержаниями Cu, Ag, Cr, Be, Ba, Zn, Pb, V, Ni.

Электронно-микроскопические исследования некоторых образцов “биогермных известняков” из месторождения Озерного, в которых локализованы залежи самых богатых промышленных залежей поликомпонентных руд (с доминированием Zn, Pb) показали их большое сходство с биогенными травертинами и гейзерит-травертиновыми породами источника Хойто-Гол. В рудоносных палеотравертиновых образованиях месторождения Озерного впервые обнаружены фоссилизированные фрагменты бактериальных матов.

Такие же “биогермные известняки” являются рудолокализирующими для залежей полиметаллов и на Назаровском месторождении.

Результаты исследований 2012-2016 г.г. по рассматриваемому проекту, касающихся условий локализации рудной минерализации в Удино-Витимской металлогенической зоне и в первую очередь на месторождении Озерном, а также в Восточно-Саянском рудном районе, доказывают пространственно-генетическую связь рудных тел и зон с динамометаморфическими комплексами.

В 2017 г. получены минералого-геохимические данные, оформленные как важнейшие результаты по трем рудным объектам (золоторудное поле Мукадек, месторождение благородных металлов Ирокиндинское и нефрита Горлыкгольское), во-первых, указывающие на источник рудного вещества – вмещающие породы, во-вторых – на механохимический механизм ступенчатого концентрирования золота до промышленных уровней.

Научный уровень выполненных исследований в большинстве своем отвечает мировым стандартам. В кратком виде основные достижения 2017 г. выглядят таким образом:

- впервые в мире в составе бактериальных микро- и наноминералов выявлена большая группа самородных металлов (Ni, Al, Fe-Cr-Ni, Cr-Cu-Fe, Cr-Cu, Zn-Cu, Zn-Ce), ассоциирующих с карбонатами и сульфатами. Это может иметь большое значение для биотехнологии, разработки эффективных схем обогащения различных по составу руд;

- впервые в мире в апогипербазитовых нефритах (нефрит-родингитовая рудная формация) установлены минералы платиновой группы, появление которых связано с динамометаморфическими преобразованиями акцессорных хромшпинелидов ультрабазит-базитового комплекса Восточно-Саянского офиолитового пояса. Это открытие расширяет перспективы пояса на поиски платинометалльной минерализации в зонах серпентинитового меланжа;

- на примерах золоторудного поля Мукадек и месторождении Ирокинда – установлены новые минералого-геохимические критерии деформационного механизма формирования рудной минерализации, локализованной в динамометаморфитах. Это является вкладом в развитие теории образования динамогенных месторождений. Критерии могут быть использованы для целей прогнозирования и поисков месторождений золота в различных рудных провинциях России и других стран.

Предложенные новые геолого-генетические модели рудообразующих систем Озерного и Назаровского месторождений с доминирующей свинцово-цинковой

минерализацией имеют сходство с динамогенными моделями (Зиновьев, 2015) полиметаллических месторождений Рудного Алтая. Однако, они отличаются оценками источников рудных компонентов.

Новым вкладом изучения рудообразующих систем золоторудных месторождений Восточного Саяна являются данные 2017 года, позволившие установить возрастной интервал 500-400 млн. лет формирования рудных этапов. Это может быть использовано в работах по планированию прогнозно-поисковых работ на золото в регионе и минерагенических построениях.

Выделение этапов и стадий образования сульфидной минерализации в Йокон-Довыренском расслоенном массиве в дальнейшем позволит детализировать модель его рудообразующей системы, внести уточнения в оценку рудного потенциала.

Список использованной литературы

Васильев И.Л. Геология Еравнинского рудного поля (стратиграфия, фации осадков и палеогеография). Изд-во “Наука”, Сиб. отд. Новосибирск, 1977. 126 с.

Гордиенко И.В., Булгатов А.Н., Руженцев С.В. и др. История развития Удино-Витимской островодужной системы Забайкальского сектора Палеоазиатского океана в позднем рифее-палеозое // Геология и геофизика. 2010. Т. 51. № 5. С. 589-614.

Гордиенко И.В., Климук В.С., Филимонов А.В. Вулканизм Удино-Витимской островодужной системы (Западное Забайкалье) // Геотермические и минеральные ресурсы областей современного вулканизма (матер. Междунар. полевого Курило-Камчатского семинара 16 июля – 6 августа 2003 г.). Петропавловск-Камчатский: “Оттиск”, 2005. С. 257-265.

Гордиенко И.В., Нефедьев М.А. Курбино-Еравнинский рудный район Западного Забайкалья: Геолого-геофизическое строение, типы рудных месторождений, прогнозная оценка и перспективы освоения // Геология рудных месторождений. 2015. Т. 57. № 2. С. 114-124.

Зиновьев С.В. Роль динамометаморфизма в формировании рудных месторождений (на примере колчеданных Тишинского и Риддер-Сокольного месторождений Рудного Алтая) // Геология и геофизика. 2016. Т. 57. № 3. С. 521-536.

Ковалев К.Р., Баулина М.В., Акимцев В.А., Аношик Г.Н. Стратиформные цинково-колчеданные руды и золоторудная минерализация на Назаровском месторождении (Западное Забайкалье) // Геология и геофизика. 2003. Т. 44. № 10. С. 963-978.

Постников А.А., Журавлева И.Т., Терлеев А.А. Стратиграфия кембрийских отложений Озернинского рудного узла (Западное Забайкалье) // Геология и геофизика, № 3. Т. 38. 1997. С. 608-619.

Руженцев С.В., Минина О.Р., Аристов В.А., Голионко Б.Б., Ларионов А.Н., Лыхин Д.А., Некрасов Г.Е. Геодинамика Еравнинской зоны (Удино-Витимская складчатая система Забайкалья): геологические и геохронологические данные // Доклады Академии наук. 2010. Т. 434. № 3. С. 361-364.

Феофилактов Г.А. О генетическом родстве и связи разнотипного оруденения Озернинского рудного узла с тектономагматической активизацией // Тектоника и металлогения областей орогенной активизации, 1986. С. 127-136.

Хаин В.Е., Ломизе М.Г. Геотектоника с основами геодинамики: Учебник. М.: КДУ, 2005. 560 с.

Царев Д.И. Метасоматизм. Улан-Удэ: Изд-во БНЦ СО РАН, 2002. 320 с.

Царев Д.И., Фирсов А.П. Проблемы формирования колчеданных месторождений (на примере Забайкалья). М.: Наука, 1988. 144 с.

Приложение А. *Количество научных публикаций в журналах, индексируемых в российских и международных информационно-аналитических системах научного цитирования (Web of Science, Scopus, MathSciNet, Российский индекс научного цитирования, Google Scholar, European Reference Index for the Humanities и др.) по проекту за 2017 год:*

1. Будяк А.Е., Паршин А.В., Спиридонов А.М., Реутский В.Н., Дамдинов Б.Б., Волкова М.Г., Тарасова Ю.И., Абрамова В.А., Брюханова Н.Н., Зарубина О.В. Геохимические особенности формирования Au-U месторождений типа «несогласия» (Северное Забайкалье) // Геохимия. 2017. №2. С. 149-160. DOI:10.1134/S0016702917010049
2. Ванин В.А., Татаринов А.В., Гладкочуб Д.П., Мазукабзов А.М., Молочный В.Г. Роль динамометаморфизма в формировании золоторудного поля Мукадек (Северное Прибайкалье) // Геодинамика и тектонофизика. 2017. Т. 8, № 3. С. 643-653. DOI: 10.5800/GT-2017-8-3-0310
3. Гомбоев Д.М., Андросов П.В., Кислов Е.В. Кавоктинское месторождение светлоокрашенного нефрита: условия залегания и особенности вещественного состава // Разведка и охрана недр. 2017. № 9. С. 44-50. <https://elibrary.ru/item.asp?id=30032189>
4. Мазуров М.П., Быкова В.Г. Моделирование процесса формирования неизотермической зональности магнезиальных скарнов в рудно-магматических флюидных системах интрузивных траппов юга Сибирской платформы // Геология и геофизика. 2017. Т. 58. № 5. С. 661-673. DOI: 10.1016/j.rgg.2016.10.012
5. Татаринов А.В., Яловик Л.И., Кашкак Е.С., Данилова Э.В., Хромова Е.А., Хахинов В.В., Намсараев Б.Б. Минералого-геохимические особенности бактериальных матов и травертинов термального источника Хойто-Гол (Восточные Саяны) // Геология и геофизика. 2017. Т. 58, № 1. С. 60-73. DOI: 10.1016/j.rgg.2016.04.013
6. Татаринов А.В., Яловик Л.И., Канакин С.В., Зяблицев А.Ю. Первая находка нефрита с акцессорными минералами платиновой группы // Доклады РАН. 2017. Т. 473, № 2. С. 201-204. DOI: 10.1134/S1028334X17030175