

Федеральное агентство научных организаций

ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ НАУКИ  
ИНСТИТУТ ГЕОХИМИИ ИМ. А.П. ВИНОГРАДОВА СИБИРСКОГО  
ОТДЕЛЕНИЯ РОССИЙСКОЙ АКАДЕМИИ НАУК

УДК 550.4:551.2

№ госрегистрации 01201351648

УТВЕРЖДАЮ

Директор ИГХ СО РАН

чл.-корр. РАН

\_\_\_\_\_ В.С.Шацкий

« \_\_\_\_ » \_\_\_\_\_ 2014 г.

ОТЧЕТ  
О НАУЧНО-ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКОЙ РАБОТЕ

по теме:

Геохимия и условия формирования благороднометалльных рудно-магматических систем в различных геодинамических обстановках Азии, разработка критериев прогноза и поисков рудных месторождений

№ 0350-2014-0009

(промежуточный)

Научный руководитель темы

\_\_\_\_\_ д.г.-м.н. А.М. Спиридонов  
подпись, дата

Иркутск 2014

## СПИСОК ИСПОЛНИТЕЛЕЙ

Научный руководитель темы, д-р  
геолого- минералогических наук

А.М. Спиридонов

\_\_\_\_\_

подпись, дата

Ответственные исполнители темы:

д-р геолого- минералогических наук

А.М. Спиридонов (раздел  
1)

\_\_\_\_\_

подпись, дата

д-р геолого- минералогических наук

Р.Г. Кравцова (раздел 2)

\_\_\_\_\_

подпись, дата

кандидат геолого-минералогических  
наук

А.В. Паршин (раздел 3)

\_\_\_\_\_

подпись, дата

УДК 550.4:551.2

## Реферат

Отчет включает 21 стр., 4 илл., 1 табл., 5 ист.

Ключевые слова: *геохимия, минералогия, структура минералов, структура рудных полей, золоторудное месторождение, дорудные, прерудные, синрудные метасоматиты, динамокластиты, генезис месторождения.*

Целью исследования является изучение геохимических особенностей разнотипных рудно-магматических систем благородных металлов, формирующихся в различных геодинамических обстановках, построение их геохимических и генетических моделей и разработка комплекса геохимических методов прогноза и поисков месторождений

Объекты исследований расположены на территориях Северного Приохотья и Приколымья (Au и Au-Ag месторождения Наталка, Дегдекан, Школьное, Карамкен, Дукал, Дальнее, Кварцевая Сопка, Ирбычан, Роговик, Гольцовое, Мало-Кенское, Дорожное, Светлое, Бутарное, Нетчен-Хая, Павлик и др.), Восточного Забайкалья (Au-порфиновые месторождения Дарасун, Теремки, Талатуй, Новинка, Пильное, Амурские дайки и др.), Пришилкинской подвижной зоны (месторождение Погромное), Априлковский и Карийский рудные узлы Сибирской платформы, Саяно-Байкальской складчатой области и др. В отчётный период научные исследования были сосредоточены на изучении вещественного состава метасоматитов и руд месторождения Погромное и аномальных геохимических полей месторождения Роговик.

Изучены минералого-геохимические особенности метасоматитов и руд нетрадиционного для Забайкалья золоторудного месторождения Погромное, сформированного в раннемеловое время на рифтогенном этапе развития региона и локализованного в динамокластической толще в зоне Монголо-Охотской сутуры, по которой в ранне-среднеюрское время произошло сочленение Сибирского и Монголо-Китайского континентов.

Золотое оруденение представлено двумя морфологическими типами руд: штокверковым кварц-карбонат-арсенопирит-пиритовым в метасоматически измененных эффузивах (залежь-1) и прожилково-жильным кварцевым (с вкраплениями сульфидов) в измененных углеродсодержащих сланцах (залежь-10).

Рудовмещающими на месторождении являются сильно измененные вулканогенно-осадочные породы буторовской свиты шадоронской серии (J<sub>2-3</sub>), превращенные в

метасоматиты (по составу) и динамокластиты (по текстурным и структурным особенностям). Установлена этапность образования метасоматитов и развитие рудного процесса в целом. На дорудном этапе ( $J_3$ ) получили развитие пропилиты, на предрудном – тектоносланцы и альбитофиры, на синрудном этапе в продуктивную стадию – серицитолиты и альбит-карбонат-серицит-кварцевые метасоматиты (кварциты). Возраст начала формирования штокверковой системы рудовмещающих трещин и метасоматитов, возникших в предрудном этапе, оценивается  $^{40}\text{Ar}$ - $^{39}\text{Ar}$  изотопным методом в  $139,5 \pm 1,8$  млн лет.

Золотоносными на месторождении являются метасоматиты предрудного и синрудного этапов по вулканитам с сульфидной минерализацией (концентраторы золота – пирит-II и III, а также арсенопирит-I, II) и по измененным углеродистым сланцам (концентраторы золота – жильный кварц и арсенопирит-II). Степень золотоносности находится в полном соответствии с проявлением окварцевания, насыщенностью кварц-сульфидными и сульфидными микропрожилками, тонкой вкрапленностью сульфидов.

По генезису месторождение Погромное относится к объектам, сформированным в зонах смятия с участием мантийных золотоносных флюидов, источниками которых, как считают авторы, являются рудопродуцирующие гранитоиды амуджикано-сретенского интрузивного комплекса, расположенные в пределах Апрельковской рудно-магматической системы (массивы Оськинский, Ургучанский). Это подтверждается и данными изотопных составов свинца ( $^{207}\text{Pb}/^{204}$  и  $^{206}\text{Pb}/^{204}$ ) для пиритов и арсенопиритов золотосодержащих руд месторождения Погромного, которые свидетельствуют о широком проявлении «мантийных» изотопно-свинцовых меток. Возраст рудопродуцирующих гранитоидов Апрельковской РМС по данным  $^{40}\text{Ar}$ - $^{39}\text{Ar}$  метода датирования соответствует  $131,0 \pm 1,2$  млн лет.

Золото в рудных залежах самородное, высокопробное и весьма высокопробное. По степени золотоносности месторождение Погромное заслуживает самого пристального внимания как новый промышленный тип золотого оруденения Забайкалья.

Получены новые данные по составу и строению эндогенных аномальных геохимических полей Au-Ag зон эпитермального месторождения Роговик. Установлено, что АГХП, связанные с Au-Ag минерализацией, также, как руды, отличаются простотой компонентного состава и закономерным распределением элементов в пространстве. Широко проявлены АГХП Au, Ag, Hg, Sb, As. С глубиной и на флангах появляются АГХП Cu, Pb и Zn.

## Содержание

Введение	6
Раздел 1 Геохимия и условия образования золотоносных рудно-магматических систем (РМС) коллизионной и рифтогенной геодинамических обстановок Забайкальской золоторудной провинции (модельные объекты – месторождения Карийской, Дарасунской, Широкинской, Балейской РМС, месторождение Погромное)	7
Раздел 2 Геохимия и условия формирования благороднометалльных рудообразующих систем в зонах орогенеза и структурах активной континентальной окраины Северо-Востока России	13
Раздел 3 Разработка методов и программных средств геоинформационного картографирования в целях решения поисковых задач на основе открытых геоинформационных технологий и распределенных систем хранения геологических и геохимических данных	16
Основные результаты проведенного исследования	19
Список публикаций по теме	20
Список использованных источников	21

## **Введение**

Накопленный опыт и огромный фактический материал, значительная роль геохимии в изучении процессов рудоконцентрирования, расширение спектра экспериментальных и расчетных данных, базирующихся на геохимической основе, повсеместное применение геохимических методов в проведении поисковых и разведочных работ, безусловно, способствуют решению обозначенных проблем. И в то же время ставит перед исследователями широкий круг задач в области теории и практики геохимии эндогенного рудообразования. Решение этих задач должно базироваться на комплексных исследованиях в области изучения геохимии рудных процессов. Наиболее актуальными в теории рудообразования остаются вопросы источников рудного вещества, рудной нагрузки и происхождения металлоносных флюидов. Таким образом, необходимость фундаментальных исследований в области геохимии эндогенного рудообразования и использование таких разработок в теории и практике геохимических методов поисков являются достаточно очевидными.

## **Раздел 1 Геохимия и условия образования золотоносных рудно-магматических систем (РМС) коллизионной и рифтогенной геодинамических обстановок Забайкальской золоторудной провинции (модельные объекты – месторождения Карийской, Дарасунской, Широкинской, Балейской РМС, месторождение Погромное)**

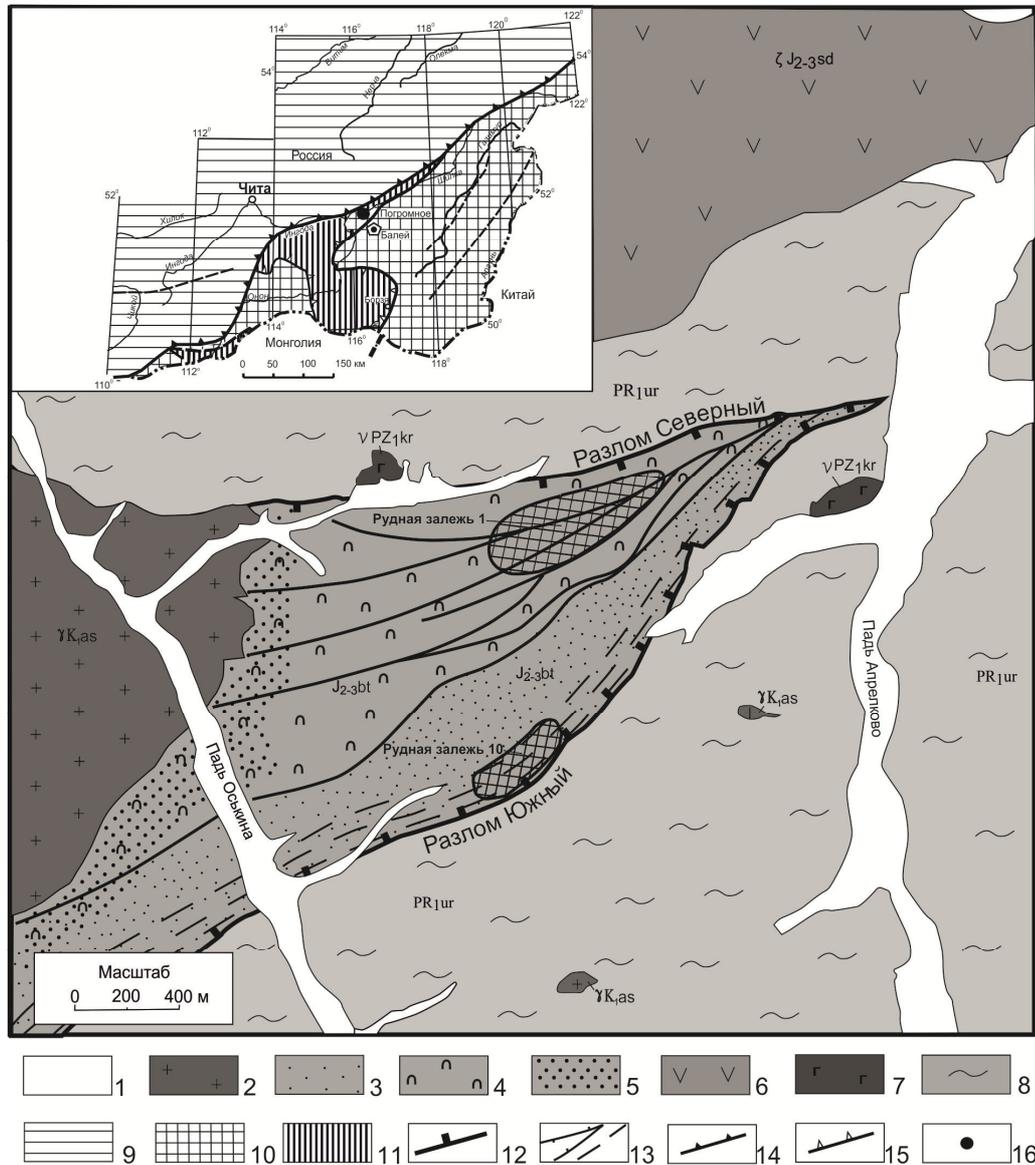
Среди крупных золотоносных провинций Азии особо выделяется Забайкальская металлогеническая провинция на юго-востоке России, здесь насчитывается 46 коренных месторождений золота, более 1000 его рудных проявлений и 293 россыпи [Петухов и др., 2003]. Золотометалльные системы Забайкалья формировались на протяжении значительного интервала геологического времени – от позднего палеозоя до раннего мела. Но преобладающая часть золоторудных месторождений сформировалась в средне-позднеюрское–раннемеловое время на коллизионном и рифтогенном этапах развития региона и контролируется Монголо-Охотской сутурой, по которой в ранне-среднеюрское время произошло сочленение Сибирского и Монголо-Китайского континентов [Зорин и др., 1998].

Большая часть месторождений Забайкалья традиционно относится к золото-кварцевой, золото-сульфидно-кварцевой и золото-сульфидной рудным формациям. В настоящее время доказана принадлежность многих из них к наиболее перспективной золото-медно-порфировой формации. Важное практическое значение в регионе имеют месторождения малоглубинной золото-серебряной формации (балейский тип), но объекты этого типа в Забайкалье малочисленны. Прогнозируются и оцениваются также месторождения золото-углеродистой и золото-скарновой формаций.

В последнее время проявлен особый интерес к новому, нетрадиционному для Забайкалья, типу золоторудных месторождений в динамометаморфических комплексах. Их возникновение связывается с геодинамическими процессами в зонах коллизии Сибирского кратона с окружающими террейнами и возникающими при этом структурами будинажа, меланжа, флюидажа и др. К этому типу в Забайкалье относится и продолженное изучаться в рамках выполнения задания по проекту месторождение Погромное (рисунок 1), входящее в состав Апрельковской рудно-магматической системы, расположенной на территории Шилкинского района Забайкальского края в зоне Монголо-Охотской сутуры.

Рудовмещающими на месторождении являются сильно измененные породы буторовской свиты ( $J_{2-3}bt$ ) шадоронской серии ( $J_{2-3}$ ) – это вулканиты и терригенные углеродсодержащие образования, превращенные в метасоматиты (по составу) и динамокластиты (по текстурным

и структурным особенностям). Установлены этапность образования метасоматитов и развитие рудного процесса в целом. На дорудном этапе получили площадное развитие динамометаморфиты и пропилиты актинолит-эпидотовой и хлорит-эпидотовой фаций, на прерудном кварцевые альбитофиры, на синрудном – серицитолиты, альбит-карбонат-серицит-кварцевые метасоматиты и кварциты.



**Рисунок 1.** Схема геологического строения рудного поля месторождения Погромное (составлена по материалам А.В. Сагира с добавлениями и изменениями авторов)

1 – голоцен: пески, песчано-гравийно-галечные отложения, супеси, суглинки. Амуджикано-сретенский гранитоидный комплекс,  $J_2-K_{as}$ : 2 – биотитовые граниты, гранодиориты и кварцевые диориты. Буторовская свита,  $J_2-3_{bt}$  (верхняя часть шадоронской серии,); 3 – терригенные углеродсодержащие образования: алевропилиты, алевролиты, песчаники; 4 – интенсивно катаклазированные и метасоматически измененные эффузивы; 5 – ороговикование. Шадоронский вулканический комплекс,  $\xi J_2-3_{sd}$ : 5 – базальты, андезитобазальты, андезиты, дациты, риолиты и их туфы. Кручининский комплекс,  $vPZ_1kr$ : 7 – габбро, габбро-пироксениты, габбро-диориты, долериты. Урульгинский комплекс,  $Pr_{jur}$ : 8 – амфиболиты, гнейсы, плагиоклаз-слюдистые и мусковит-кварцевые сланцы. На врезке по данным [Зорин и др., 1998<sup>62</sup>]: 9 – Сибирский континент; 10 – Монголо-Китайский континент; 11 – Ононский островодужный террейн, 12 – крупные разрывные нарушения (взбросо-надвиги); 13 – рудоконтролирующая система взбросо-надвигов коллизионного этапа; 14 – Основная ветвь Монголо-Охотской сутуры; 15 – Ононская ветвь Монголо-Охотской сутуры; 16 – месторождение Погромное.

Золотоносными на месторождении являются метасоматиты предрудного (концентратор золота пирит-II) и синрудного этапов по вулканитам с сульфидной минерализацией и содержанием золота от 0,2 до 11,9 г/т (концентраторы золота – пирит-II, III и арсенопирит-I), а также измененные углеродистые сланцы (концентраторы золота – жильный кварц и арсенопирит-II).

Золотое оруденение на месторождении относится к золото-сульфидно-кварцевой формации с умеренно-сульфидным типом руд и представлено двумя морфологическими типами: штокверковым кварц-карбонат-арсенопирит-пиритовым в метасоматически измененных эффузивах (залежь-1, см. рисунок 1) и прожилково-жильным кварцевым (с вкраплениями сульфидов) в измененных углеродсодержащих сланцах (залежь-10). Возраст начала формирования штокверковой системы рудовмещающих трещин и метасоматитов, возникших на предрудном этапе, оценивается  $^{40}\text{Ar}$ - $^{39}\text{Ar}$  изотопным методом в  $139.5 \pm 1.8$  млн лет, что соответствует раннему мелу ( $K_1$ ). Близкий  $^{40}\text{Ar}$ - $^{39}\text{Ar}$  абсолютный возраст  $131.0 \pm 1.2$  млн лет имеют и рудопродуцирующие гранитоиды Оськинского и Ургучанского массивов амуджикано-сретенского комплекса, с которым авторы связывают золотое оруденение Апрельковской РМС. Небольшое удревание возраста метасоматитов предрудного этапа, относительно возраста рудопродуцирующих гранитоидов, объясняется авторами сохранившимися в валовой пробе метасоматитов реликтами менее измененных рудовмещающих (андезитобазальты) пород шадоронской серии ( $J_{2-3}$ ). Полученные возрастные метки свидетельствуют о том, что месторождение Погромное сформировалось в раннемеловое время на рифтогенном этапе развития региона. Во вмещающих углеродисто-терригенных породах месторождения установлено присутствие сульфидов с мантийным изотопным составом серы в метасоматитах, что аналогично значениям  $\delta^{34}\text{S}$  рудных образований рудной залежи-10.

Характер метасоматического процесса развивавшейся рудно-магматической системы, как в пределах рудной залежи-1, так и в пределах залежи-10, был примерно одинаков. Имеющиеся же отличия вещественного состава метасоматитов охарактеризованных рудных залежей объясняются разнообразием состава исходных пород и меняющимися термодинамическими условиями на всем протяжении метасоматической проработки рудовмещающих пород.

На месторождении в зональной метасоматической колонке кислотного выщелачивания, сформированной растворами с рН от 5.3 до 5.7, оруденение в «кварцитах», связано с кварц-

мусковит-карбонатной зоной-фацией в штокверках, где золото и металлоносные сульфиды отлагались при температурах ниже 250°C. Золотоносные пирит и арсенопирит образуются при участии гидротермального раствора с содержанием серы и мышьяка более 0.01 и 0.005 т соответственно, а эффективный перенос золота возможен при концентрации растворенных S и As более 0.001 и 0.0005 т. Сернисто-мышьяковистые, сульфоарсенидные гидротермальные фазы содержат золото в форме комплексных частиц – тиоарсенидов  $\text{AuAsS}_2^0$  и  $\text{H}_2\text{AuAsS}_3^0$ . Их концентрация уменьшается на порядки при температурах менее 250°C. Ниже 150°C с ним сосуществует гидросульфид  $\text{AuHS}^0$ .

Вещественный состав руд месторождения на 85-90% состоит из кварца, серицита, альбита, карбоната, и 10-15% составляют рудные минералы, среди которых основными являются пирит и арсенопирит. Сопутствующие минералы (десятые доли процента) представлены в основном сфалеритом, халькопиритом, пирротинном. В единичных знаках установлены блеклые руды, бурнонит, ковелин, молибденит, шеелит, галенит, герсдорфит. В зоне окисления отмечаются лимонит, гидрогетит, гетит, лепидокрокит, ярозит, скородит. Среди аксессуарных минералов встречаются магнетит, титаномагнетит, ильменит, сфен, рутил, анатаз, брукит, циркон, монацит, апатит.

Наиболее характерными текстурами руд являются вкрапленная, прожилковидная, реже пятнистая и полосчатая. Широко проявлены текстуры катакластические, брекчиевые, трещиноватые, рассланцевания.

Основная сульфидная минерализация в рудной залежи-1 представлена пиритом и арсенопиритом. В незначительном количестве присутствуют сфалерит, халькопирит, пирротин. Доля арсенопирит-пиритовой минерализации варьирует от малосульфидной (2-5%) до умеренно-сульфидной (10-15%). Для руд характерны рассеянные вкрапленные, вкрапленно-прожилковидные текстуры сульфидных выделений.

При микроскопическом изучении руд залежи-1 выделено три генерации пирита и две арсенопирита.

**Пирит-I** ассоциирует с ранней, начальной стадией метасоматоза – пропилитизацией дорудного этапа. **Пирит-II и арсенопирит-I** связаны с альбитизацией прерудного этапа, а также с серицитизацией, окварцеванием и карбонатизацией метасоматитов продуктивной стадии синрудного этапа. **Пирит-III (марказит)** образуется в заключительную стадию синрудного этапа, предшествуя или близко одновременно с **кварц-арсенопиритовой-II** минерализацией.

В рудной залежи-1 золото начинает выделяться на предрудном этапе в ассоциации с пиритом-II в кварцевых альбитофирах, но массовое его выделение происходит в продуктивную и заключительную стадии синрудного этапа в ассоциации с пиритом-II и III, а также с арсенопиритом-I и II в метасоматитах альбит-серицит-карбонат-кварцевого состава, в кварцитах. Степень золотоносности находится в полном соответствии с проявлением окварцевания, насыщенностью кварц-сульфидными и сульфидными микропрожилками, тонкой вкрапленностью сульфидов. Размер основной массы золотин (75-80 %) составляет менее 16 мкм. Золото самородное, формы его выделений изометричные, кристаллоподобные-скошенные, гексагональные, частично ограненные, комковатые, тонко-прожилковидные, изогнутые, занозистые, уплощенные, овальные. Состав и структура золота по результатам исследования на микрозондовом анализаторе JXA-820 довольно однородны и не отличаются в кварцитах и альбит-серицит-карбонат-кварцевых метасоматитах. Проба золота в пирите-II в метасоматитах и кварцитах колеблется от 863.6 до 959.5 ‰ (от умеренно высокопробного до весьма высокопробного). В основном золото относится к высокопробному. По данным атомно-абсорбционного анализа в монофракциях пирита-II, отобранных из метасоматитов, содержится от 30 до 45 г/т золота.

В рудной залежи-10 золото установлено в кварцевых жилах и прожилках, получивших свое развитие в метасоматически измененных углеродсодержащих сланцах. Концентраторы золота кварц и арсенопирит-II. Золото самородное, формы выделений комковатые, лепешковидные (вытянутые в одном направлении), частично ограненные. По гранулометрическому составу здесь выявлено золото разной крупности от тонкого и тонкодисперсного до крупного (более 0.25мм). По результатам микрозондовых исследований состав золота довольно постоянный и колеблется от 91 до 100 %, причем средняя доля золота составляет 95%, что позволяет отнести его к высокопробному или к весьма высокопробному.

По генезису месторождение Погромное относится к объектам, расположенным в зонах смятия (в данном случае непосредственно на Монголо-Охотской суре), но сформированном на рифтогенном этапе развития региона. Как и многие месторождения, расположенные в зоне влияния Монголо-Охотской суртуры, оно имеет длительную историю формирования, начавшуюся в позднеюрское время на коллизионном этапе с дорудного динамометаморфического и метасоматического (пропилитизация) преобразования вмещающих пород, продолженную в раннемеловое время образованием предрудных

(альбитизация) метасоматитов и завершившуюся рудным этапом в меловое время в условиях рифтогенеза полным становлением месторождения с образованием золоторудной минерализации и сопровождающих ее синрудных метасоматитов. Причинами раннемелового внутриконтинентального рифтогенеза могли быть как коллапс («расползание» в стороны) коллизионного поднятия после прекращения сжатия, так и конвекция в мантии, связанные с сохранившей свою активность горячей областью (или астеносферным выступом), перекрытой континентальной литосферой [Zorin et. al., 1995].

Источниками золотого оруденения, как считают авторы, являются Оськинский и Ургучанский массивы рудопродуцирующих гранитоидов амуджикано-сретенского интрузивного комплекса, расположенные в пределах Апрельковской рудно-магматической системы. Это подтверждается и данными изотопных составов свинца ( $^{207}\text{Pb}/^{204}\text{Pb}$  и  $^{206}\text{Pb}/^{204}\text{Pb}$ ) для пиритов и арсенопиритов золотосодержащих руд, которые свидетельствуют о широком проявлении «мантийных» изотопно-свинцовых меток. Геодинамическая обстановка с участием мантийных золотоносных флюидов обеспечили своеобразие месторождения: развитие динамокластитов, золотоносных гидротермальных и углеродистых метасоматитов, образование двух морфологических типов руд – штокверкового в вулканитах и золотоносных кварцевых жил в углеродизированных терригенных породах, преобладающее образование основных рудных минералов-концентраторов золотого оруденения пирита и арсенопирита.

По степени золотоносности месторождение Погромное заслуживает самого пристального внимания как новый промышленный тип золотого оруденения Забайкалья.

## **Раздел 2 Геохимия и условия формирования благороднометалльных рудообразующих систем в зонах орогенеза и структурах активной континентальной окраины Северо-Востока России**

**Изучение минералого-геохимические особенностей и условий образования эпитермальных месторождений Au и Ag в структурах активной континентальной окраины Северо-Востока России на примере месторождений Приохотья (Дукат, Роговик, Лунное, Арылах) и Прикарамкенья (Карамкен, Аган, Финиш, Утесное).**

Получены новые данные по геохимическому составу руд, эндогенных (первичные ореолы) и экзогенных (литохимические потоки рассеяния) аномальных геохимических полей (АГХП) эпитермальных золото-серебряных (Au-Ag) месторождений Северного Приохотья (Дукат, Роговик, Лунное, Арылах) и Прикарамкенья (Карамкен, Аган, Финиш, Утесное). Выявлены их типоморфные особенности, состав и закономерности распределения в пространстве, определены поисковые и оценочные критерии Au-Ag минерализации.

Наиболее значимые результаты в 2014 г. были получены при анализе и обобщении результатов комплексных минералого-геохимических исследований на эпитермальном Au-Ag месторождении Роговик (Приохотье). Впервые обобщены данные изучения геохимического состава Au-Ag руд этого месторождения. Установлено, что для собственно Au-Ag оруденения характерен крайне бедный компонентный состав. Руды образуют только два элемента – Au и Ag. Постоянно присутствуют Sb, As, Se, Hg. Содержание S в рудах низкое, типичное для убогосульфидной формации и не превышает 1%. (таблица 1).

Таблица 1 Геохимический состав золото-серебряных руд месторождения Роговик.  
Профиль 400 (скв. 107, 374, 375, 378, 379, С04-23).

№№ п/п	№№ проб	Абс. отм., м	Au	Ag <sub>1</sub> (Ag <sub>2</sub> )	Au:Ag	Hg	As	Sb	Se	S
1	332/11	320	0.83	15(8)	1:10	0.2	600	40	8.8	0.30
2	471/11	315	0.87	20(8)	1:9	1.8	<b>800</b>	<b>50</b>	<b>15.8</b>	0.17
3	500/11	300	1.50	20(10)	1:7	0.5	500	20	8.2	0.81
4	724/11	310	0.57	20(20)	1:35	<b>2.7</b>	100	30	7.4	0.11
5	155003	320	2.21	10(10)	1:5	1.4	600	<b>50</b>	9.2	0.25
6	155003-1	320	1.01	10(10)	1:10	1.3	400	40	12.3	0.30
7	155005	320	0.72	8(10)	1:14	0.8	300	30	9.7	0.19
8	155015	310	0.44	30(15)	1:34	0.8	300	30	6.9	0.12
9	155023	305	0.81	5(10)	1:12	1.3	150	20	11.2	0.14
10	155025	300	1.05	30(25)	1:24	1.0	300	40	10.3	0.17
11	155027	300	0.45	20(8)	1:18	1.2	200	<b>50</b>	8.2	0.16
12	155030	300	0.83	30(20)	1:24	2.2	300	<b>50</b>	11.8	0.42
13	155033	295	2.52	20(15)	1:6	0.9	150	30	10.6	0.44
14	155035	295	4.33	30(10)	1:2	2.0	<b>800</b>	<b>50</b>	10.1	0.50
15	155035-1	295	<b>6.04</b>	15(10)	1:2	1.9	400	30	14.8	0.64
16	155037	295	2.16	30(15)	1:7	1.6	600	<b>50</b>	10.2	0.57
17	155037-1	295	2.90	<b>40(20)</b>	1:7	1.9	500	<b>50</b>	13.1	0.63
18	155040	290	0.59	15(8)	1:6	0.8	400	30	9.6	0.37
19	155042	290	0.78	10(5)	1:6	0.6	400	20	9.4	0.40
20	155045	290	1.18	30(15)	1:12	0.8	400	20	8.8	0.50

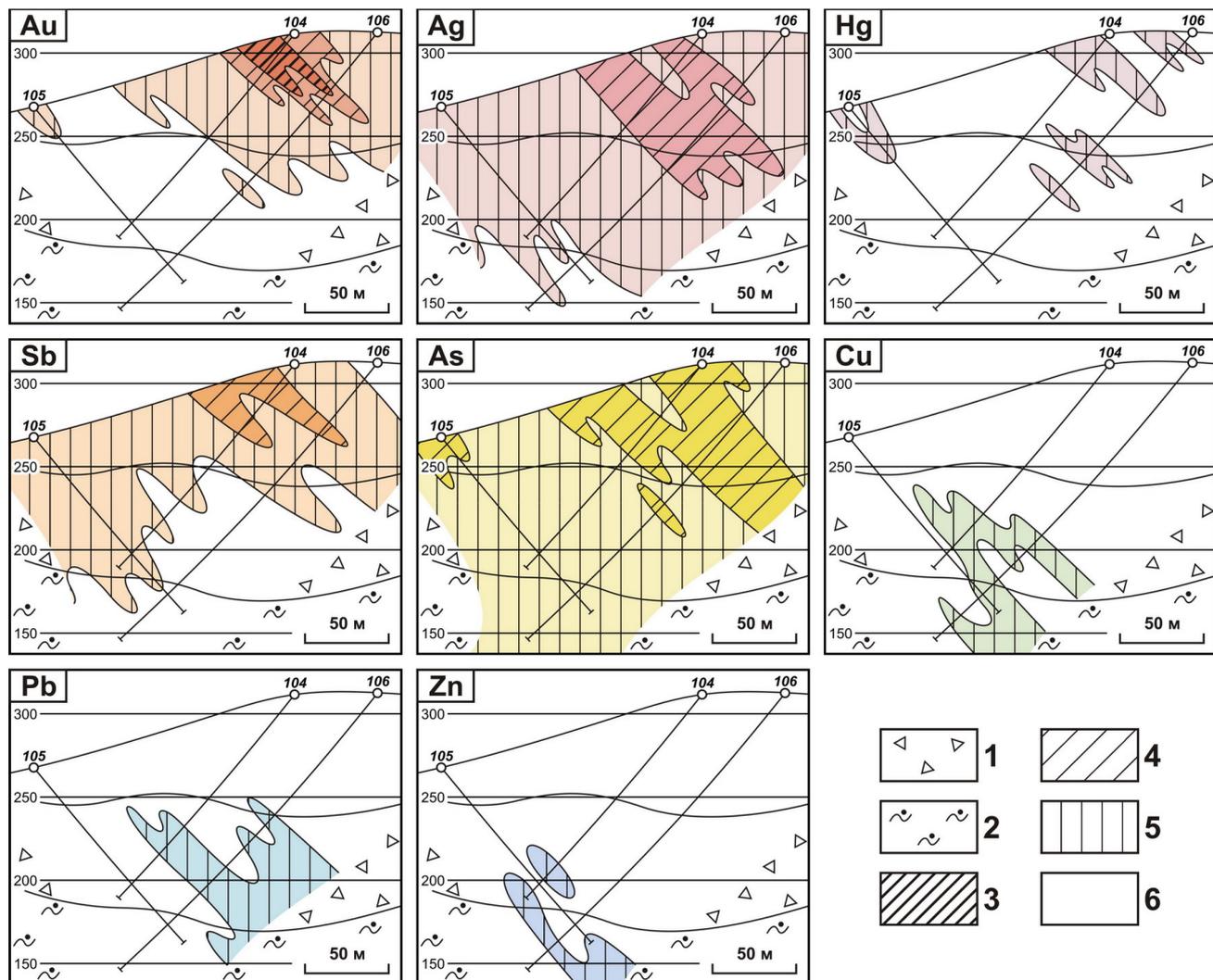
Примечание – Содержание S дано в %, остальных элементов – в г/т. Ag<sub>1</sub>(Ag<sub>2</sub>) – метод СПКА (метод ПКАЭСА). При расчетах Au:Ag отношений использованы содержания Ag<sub>2</sub>. Жирным шрифтом выделены максимальные концентрации основных элементов-индикаторов оруденения.

Получены новые данные по составу и строению эндогенных аномальных геохимических полей Au-Ag зон эпитеpмального месторождения Роговик. Установлено, что АГХП, связанные с Au-Ag минерализацией, также, как руды, отличаются простотой компонентного состава и закономерным распределением элементов в пространстве. Широко проявлены АГХП Au, Ag, Hg, Sb, As. С глубиной и на флангах появляются АГХП Cu, Pb и Zn (рисунок 2).

Впервые по геохимическим данным проведена оценка уровня эрозийного среза Au-Ag рудных зон. Установлено, что наименее эродированной является центральная часть объекта, где широкое распространение и наибольшую контрастность имеют АГХП Au, Ag, Hg, Sb и As, тесно связанные с рудоносными горизонтами месторождения. Показано, что с глубиной контрастность этих полей постепенно снижается. Появляются низкоконтрастные АГХП Cu, Pb и Zn, характерные для подрудных интервалов и флангов Au-Ag зон месторождения. Наиболее эродирована северная часть площади, где контрастность геохимических полей Ag, Hg, Sb и As резко снижается, а с глубиной широкое развитие получают АГХП Cu, Pb и Zn. Относительно контрастные поля аномальных концентраций Au здесь проявлены крайне

локально и лишь вблизи поверхности.

Сделан вывод, что наиболее перспективной в плане проведения дальнейших поисково-оценочных работ и выявления рудной минерализации, вероятнее всего, является еще не разведанная южная часть площади месторождения Роговик.



**Рисунок 2.** Эндеогенные АГХП. Разрез по профилю 300. Месторождение Роговик (центр). 1-2 – вмещающие породы: аргиллизированные туфогенные брекчии (1), аргиллизированные витрокластические и пепловые туфы вулканогенно-осадочной толщи нижней подсвиты омсукчанской свиты (2). 3-6 – содержания элементов, в г/т: Au 1-2 (3); Au 0.5-1, Ag 10-30, Sb 40-100, As 200-400 (4); Au 0.05-0.5, Ag 1-10, Hg 2-5, Sb 10-40, As 40-200, Cu 30-40, Pb 20-30, Zn 100-200 (5); Au <0.05, Ag <1, Hg <2, Sb <10, Cu 10-30, Pb <20, Zn <100 (6).

### **Раздел 3 Разработка методов и программных средств геоинформационного картографирования в целях решения поисковых задач на основе открытых геоинформационных технологий и распределенных систем хранения геологических и геохимических данных**

Перспективы расширения минерально-сырьевой базы Иркутской области в настоящее время в основном связаны с выявлением рудных объектов нетрадиционного типа, локализованных в недостаточно изученных районах. К одним из наиболее перспективных площадей относятся Кодаро-Удоканская структурно-формационная зона (СФЗ), через которую проходит модернизируемая в данный момент Байкало-Амурская магистраль, а также Тонодское и Нечерское поднятия, расположенные в пределах Байкало-Патомской минерагенической субпровинции. Обозначенная территория является перспективной на обнаружение золотого и уранового оруденений [Макарьев, 2009 и др.].

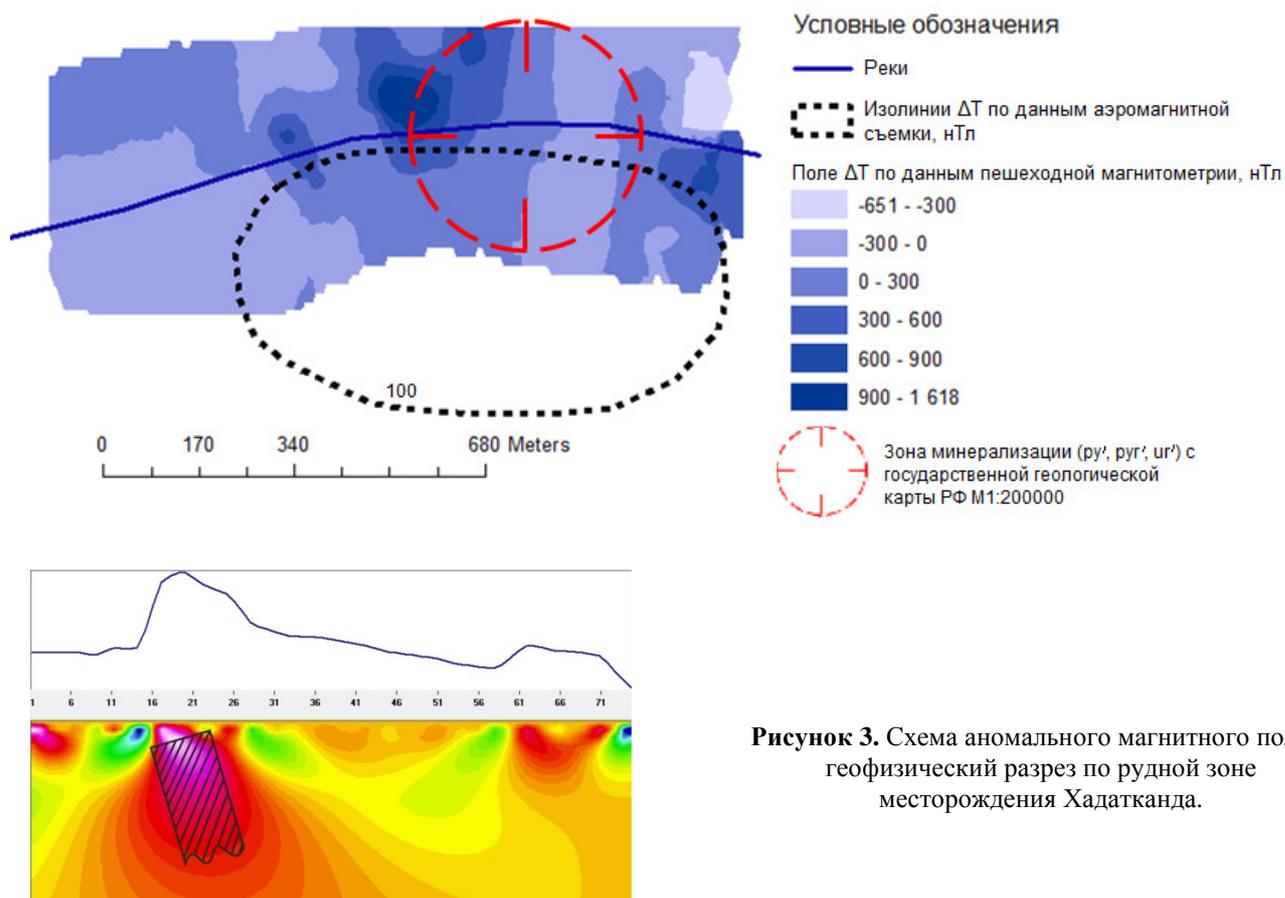
Известно, что специфика факторов природной среды в этих районах значительно затрудняет постановку классических поисковых методов, применяемых при поисках рудных объектов, таких, как поиски методом геологического обследования, литогеохимические поиски по потокам рассеяния, электроразведка на постоянном токе и др. Освоение рассматриваемых территорий требует эффективных систем геологических поисков и перспективной оценки. Методы должны отвечать следующим требованиям: простота, экспрессность, компактность оборудования, относительная глубинность.

Модельным объектом исследований выступала зона Хадаткандского разлома, включающая месторождение Хадатканда, совмещающее в своих пределах золотую и урановую минерализацию (рисунок 3). Оруденение имеет слепой характер, рассматриваемая территория относится к криолитозоне. В 2014 году исследовалась применимость геофизических (радиометрия, магнитометрия), гидрохимических, биогеохимических методов.

Проведенная пешеходная гамма-съемка не дает существенных результатов. Даже в пределах рудной зоны месторождения повышенная радиоактивность наблюдается исключительно в непосредственной близости от рудоразборок (свыше 2000 мкР/ч), шахт и штолен. Это связано с перекрытием истинного гамма-фона, обусловленным постоянным наличием подо мхом слоя льда, хорошо поглощающего ионизирующее излучение.

Рудная зона месторождения фиксируется положительной аномалией магнитного поля амплитудой до 1600 нТл. Выявленные магнитные аномалии приурочены непосредственно к участкам, перспективным на золотое оруденение. В отобранных пробах золото входило в

ассоциации с пиритом и пирротином, а наблюдаемые пики аномалий магнитного поля пространственно близки к зонам, в которых взяты эти пробы (рисунок 3).



**Рисунок 3.** Схема аномального магнитного поля и геофизический разрез по рудной зоне месторождения Хадатканда.

Согласно государственной геологической карте и результатам минералогических исследований [Паршин и др., 2013], с пиритом и пирротином также ассоциируются минералы урана. Это подтверждает ранее высказанное предположение о том, что в пределах изучаемой территории Au и радиоактивные (U, Th) элементы, хотя и имеют различный источник, но локализованы в пределах единых структурных несогласий. За счёт этого на рассматриваемой территории пешеходная магниторазведка представляется перспективным методом поисков как золоторудных, так и радиоактивных объектов.

Оценивалась применимость также и геохимических поисковых методов. На изучаемой территории развиты покровно-ледниковые отложения. Литохимические ореолы и потоки рассеяния проявлены слабо или отсутствуют, затруднен отбор проб донных отложений и коренных пород. Местами наблюдаются мощные элювиально-делювиальные и коллювиальные отложения. Однако на поверхности повсеместно встречается мох различных видов, исследование которого представилось авторам перспективным поисковым методом. Были отобраны скопления мхов и почвы как в пределах рудной зоны месторождения

Хадатканда, так и за ее пределами, а также вблизи Сюльбанского разлома. Первые результаты позволяют считать бриогеохимию эффективным поисковым методом даже без учета геологической интерпретации результатов химического анализа проб: на рисунке 4 представлено картографическое распределение классифицированных концентраций ртути во мхах и почве, причем повышенные концентрации явно визуально коррелируются с зонами минерализации и аномалиями магнитного поля.

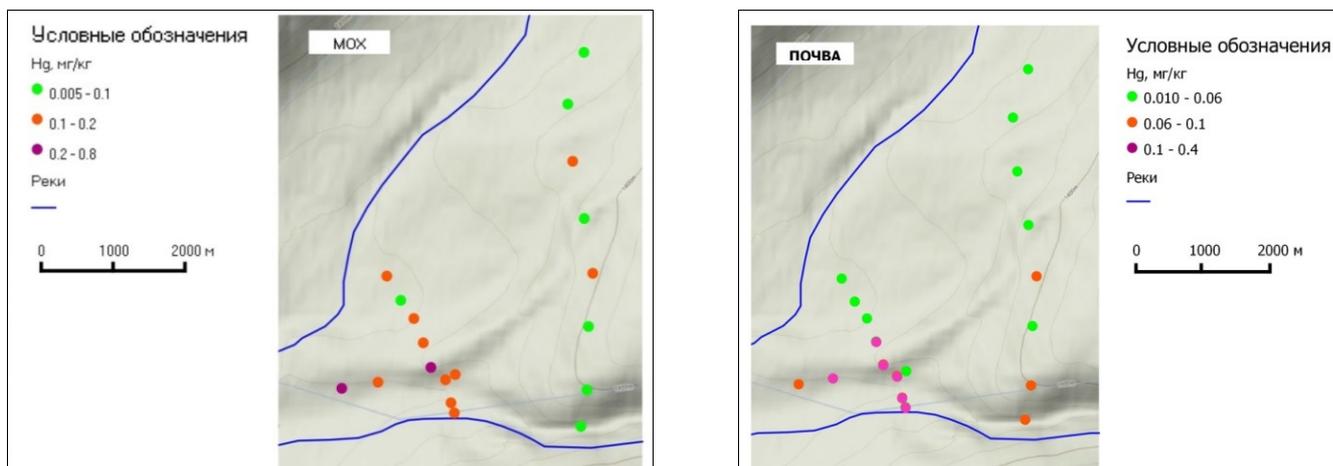


Рисунок 4. Концентрации ртути во мхах (а) и в почве (б) в районе месторождения Хадатканда

Таким образом, установлено, что задачи поисков рудных объектов в Кодаро-Удоканской минерагенической зоне наиболее эффективно решать сочетанием методов магниторазведки и бриогеохимии. Первые успехи применения альтернативной геохимии указывают на необходимость апробации в пределах Кодаро-Удоканской СФЗ подобных поисковых методов, к примеру, также гидрогеохимии, которые позволяют быстро получать информацию о местоположении перспективных участков.

Определена инфраструктура пространственных данных для решения задач исследования и поисков рудных месторождений, разработаны геоинформационные решения для автоматизации выполнения магниторазведочных и радиометрических работ с возможностью представления в Интернет картографической и метаинформации о районах и результатах работ. Получены свидетельства Роспатента.

Выполнено моделирование рельефа горных районов Восточной Сибири на основе открытых геоданных, предложен алгоритм комплексирования глобальных цифровых покрытий, обеспечивающий формирование цифровой модели рельефа, более точной, чем отдельно взятые источники, и превосходящей GPS-съёмку как по точности, так и по диапазону решаемых задач. Алгоритм описывает последовательность действий над открытыми данными: SRTM, AsterGDEM, изолиниями топокарт М 1:100000.

## Основные результаты проведённого исследования

Изучены минералого-геохимические особенности метасоматитов и руд нетрадиционного для Забайкалья золоторудного месторождения Погромное, сформированного в раннемеловое время в зоне Монголо-Охотской сутуры. Золотое оруденение представлено двумя морфологическими типами руд: штокверковым кварц-карбонат-арсенопирит-пиритовым метасоматически изменённых эффузивов (залежь-1) и прожилково-жильным кварцевым (с вкраплениями сульфидов) в изменённых углеродсодержащих сланцах (залежь-10). Рудовмещающими на месторождении являются сильно изменённые вулканогенно-осадочные породы буторовской свиты шадоронской серии ( $J_{2-3}$ ), превращённые в метасоматиты (по составу) и динамокластиты (по текстурным и структурным особенностям). Возраст начала формирования штокверковой системы рудовмещающих трещин и метасоматитов, возникших в прерудном этапе, оценивается  $^{40}\text{Ar}$ - $^{39}\text{Ar}$  изотопным методом в  $139.5 \pm 1.8$  млн лет. По генезису месторождение Погромное относится к объектам, сформированным в зонах смятия с участием мантийных золотоносных флюидов, источниками которых, как считают авторы, являются рудопродуцирующие гранитоиды амуджикано-сретенского интрузивного комплекса ( $J_3$ - $K_1$ ).

Получены новые данные по геохимическому составу руд эндогенных (первичные ореолы) и экзогенных (литохимические потоки рассеяния) аномальных геохимических полей эпитермальных золото-серебряных (Au-Ag) месторождений Северного Приохотья. Выявлены их типоморфные особенности, состав и закономерности распределения в пространстве, установлены критерии поисков и оценки (Au-Ag) минерализации. Впервые по геохимическим данным проведена оценка уровня эрозионного среза Au-Ag рудных зон на эпитермальном месторождении Роговик (Северное Приохотье).

На основании отчетливо прослеживающегося падения Au-Ag рудных зон в направлении с севера на юг, сделан вывод, что наиболее перспективной для проведения дальнейших поисковых работ, является еще не разведанная южная часть площади месторождения Роговик. Выявленные критерии и рекомендации переданы для внедрения Дукатскому геологоразведочному предприятию (ОАО «Полиметалл», г. Магадан).

## Список публикаций по теме

1. Блинов А.В., **Паршин А.В.**, Костерев А.Н. Особенности постановки геофизических методов поисков золотоурановых объектов в горных районах Северного Забайкалья // Известия Сибирского отделения Секции наук о Земле РАЕН. Геология, поиски и разведка рудных месторождений, 2014, № 1 (44) С. 55-61.
2. **Брюханова Н.Н.**, **Бычинский В.А.**, **Будяк А.Е.** Термодинамическая модель рудного этапа формирования месторождения «Сухой лог» // Доклады Академии наук, 2014, Т. 455, № 2, С. 189-191.
3. **Вилор Н.В.**, Казьмин Л.А., **Павлова Л.А.** Формирование арсенопирит-пиритового парагенезиса на месторождениях золота (*термодинамическое моделирование*) // Геология и геофизика, 2014, № 7, С. 1044-1064.
4. **Вилор Н.В.**, Казьмин Л.А., Горячев Н.А. Сульфоарсенидные комплексы золота в рудообразующих гидротермальных растворах (термодинамическое моделирование) // Геохимия, 2014, № 10, С. 936-945.
5. **Вилор Н.В.**, Казьмин Л.А., Горячев Н.А. Сульфоарсенидные комплексы золота в гидротермальных растворах при образовании золоторудных месторождений (термодинамическое моделирование) // Доклады Академии наук. 2014. Т. 458. № 1. С. 61-66.
6. Ганжа Г.Б., **Развозжаева Э.А.** Органическое вещество в осадочных породах Вернинского золоторудного месторождения, Патомское нагорье // Руды и металлы, 2014, № 3, С. 65-73.
7. **Романова А.С.**, **Брюханова Н.Н.** О проблеме металлогении углеродистых формаций (на примере золоторудного месторождения Дегдекан) // Современные наукоемкие технологии, 2014, № 7-2, С. 45-47.
8. **Спиридонов А.М.**, **Зорина Л.Д.**, **Романов В.А.** Типы эндогенных геохимических полей и их поисковое значение // Геология и геофизика, 2014, № 2, С. 370-380.
9. Чернышев И.В., Прокофьев В.Ю., Бортников Н.С., Чугаев А.В., Гольцман Ю.В., Лебедев В.А., Ларионова Ю.О., **Зорина Л.Д.** Возраст гранодиорит-порфиров и березитов Дарасунского золоторудного поля (Восточное Забайкалье, Россия) // Геология рудных месторождений, 2014, Т. 56, № 1, С. 3-18.

### Список использованных источников

1. Петухов В.М., Харитонов Ю.Ф., Чечеткин В.С., Шевчук Г.А., Тупяков В.Е. Современное состояние, перспективы развития и освоения минерально-сырьевой базы золотодобывающего комплекса Читинской области // Перспективы развития золотодобычи в Забайкалье: Межрегиональная научно-практическая конференция, Чита, 2003, с. 8-10
2. Зорин Ю.А., Беличенко В.Г., Рутштейн И.Г., Зорина Л. Д., Спиридонов А. М. Геодинамика западной части Монголо-Охотского пояса и тектоническая позиция рудных проявлений золота в Забайкалье // Геология и геофизика, 1998, т. 39, (11), с. 1578-1586.
3. Zorin Yu.A., Belichenko V.G., Turutanov E.Kh., Mazukabzov A.M., Sklyarov E.V., Mordvinova V.V. The East Siberia transect // International Geology Review, 1995, v. 37, №. 2, p. 154-175.
4. Макарьев Л.Б., Вояковский С.К., Илькевич И.В. Золотоносность урановых объектов в Кодаро-Удоканском прогибе // Руды и металлы, 2009, № 6, С. 56-64.
5. Паршин А.В., Абрамова В.А., Мельников В.А., Развозжаева Э.А., Будяк А.Е. Перспективы благородно- и редкометалльного оруденения нижнепротерозойских отложений на территории Байкальской горной области // Вестник ИрГТУ, 2013, № 3, С. 53-59.