

УТВЕРЖДАЮ:

Директор Федерального государственного бюджетного учреждения науки Института геологии и минералогии им. В.С. Соболева Сибирского отделения Российской академии наук,
академик РАН

Похиленко Николай Петрович



« 12 » января 2015 г.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Федерального государственного бюджетного учреждения науки Института геологии и минералогии им. В.С. Соболева Сибирского отделения Российской академии наук (ИГМ СО РАН).

Диссертация «**Золоторудная минерализация Лугоканского рудного узла (Восточное Забайкалье): минеральные ассоциации, возраст, эндогенная зональность**» выполнена в лаборатории Рудно-магматических систем и металлогении (№ 214) Федерального государственного бюджетного учреждения науки Института геологии и минералогии им. В.С. Соболева Сибирского отделения Российской академии наук.

В период подготовки диссертации **соискатель Редин Юрий Олегович** работал в Федеральном государственном бюджетном учреждении науки Института геологии и минералогии им. В.С. Соболева Сибирского отделения Российской академии наук в лаборатории Рудно-магматических систем и металлогении (№ 214) в должности инженера, позднее и в настоящее время в должности младшего научного сотрудника.

В 2010 г. окончил магистратуру геолого-геофизического факультета Новосибирского государственного университета (Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего профессионального образования «Новосибирский национальный исследовательский государственный университет») по направлению «геология». В 2013 году окончил очную аспирантуру при Института геологии и минералогии им. В.С. Соболева Сибирского отделения Российской академии наук (Федеральное государственное бюджетное учреждение науки Институт геологии и минералогии им. В.С. Соболева Сибирского отделения Российской академии наук) по специальности 25.00.11 – «геология, поиски и разведка твердых полезных ископаемых, минерагения».

Удостоверение о сдаче кандидатских экзаменов (№ 90) выдано в 2013 году (13.12.2013 г.) в Федеральном государственном бюджетном учреждении науки Института геологии и минералогии им. В.С. Соболева Сибирского отделения Российской академии наук.

Научный руководитель – Калинин Юрий Александрович, доктор геолого-минералогических наук, работает в Федеральном государственном бюджетном учреждении науки Института геологии и минералогии им. В.С. Соболева Сибирского отделения Российской академии наук в должности заведующего лабораторией прогнозно-металлогенических исследований (№585).

По итогам обсуждения принято следующее заключение:

Объектом исследования диссертационной работы Редина Ю.О. являлся Лугоканский рудный узел, представляющий уникальный пример совмещения разных типов оруденения на небольшой площади и включающий в себя три месторождения: Лугоканское, в 7 км южнее располагается Серебряное и ещё через 3,5 км к югу – Солонеченское месторождения.

Актуальность исследования и постановка научной проблемы. Лугоканский рудный узел расположен в юго-восточной части Забайкалья. Восточное Забайкалье является одним из старейших золоторудных районов Сибири и уже более 300 лет остается крупнейшим источником важнейших видов минерального сырья России. В его пределах известно большое количество золоторудных, золотосодержащих комплексных, сурьмяных, ртутных и других месторождений полезных ископаемых. До последнего времени важное значение в балансе запасов и добыче золота имели золото-сульфидно-кварцевые (Дарасунское, Ключевское, Итакинское, Средне-Голготайское и др.) и золото-серебряные (Балейское, Тасеевское) месторождения [Петухов и др., 2003]. Другие генетические типы золоторудных месторождений (золото-ртутный в карбонатных породах, золото-сульфидный в черных сланцах, золото-сульфидно-скарновый, золото-медно-молибден-порфиновый и др.), хотя и выделяются рядом авторов, но не получили пока должной оценки и недостаточно изучены в геологическом и геохимическом плане [Спиридонов и др., 2006]. Одним из таких примеров является Лугоканский рудный узел, в котором разными исследователями выделяются золото-медно-скарновый [Кормилицын, Иванова, 1968; Скурский, 1996], золото-медно-молибден-порфиновый [Сазонов, 1978; Сизых Вит.И., Сизых Вал. И., 2001; Бессонов, 2009; Новокрещенов и др., 2009ф] и карлинский типы оруденения [Борисенко и др., 2006; Карелин и др., 2011ф]. Рудный узел включает в себя несколько месторождений (Лугоканское, Серебряное, Солонеченское) и ряд более мелких рудопроявлений. В результате проведенных работ ООО “Востокгеология” в пределах рудного узла в 2007 г. было открыто месторождение Серебряное. Суммарные запасы полезных ископаемых для Лугоканского рудного узла оцениваются \approx Au-80 т., Ag-1.19 тыс. т., Cu-300 тыс. т., Sb-70 тыс. т. [Годовой отчет..., 2008, 2013]. Лугоканское и Солонеченское месторождения известны давно и длительное время изучались многими исследователями. Вместе с тем, в настоящее время в опубликованной литературе практически полностью отсутствуют данные по минералого-геохимическим особенностям руд, химическому составу самородного золота, сульфидных минералов, по их изотопному составу, возрасту оруденения, условиям образования. Не менее важными остаются вопросы связи золотого оруденения с конкретными магматическими комплексами. С учетом продолжающихся в Восточном Забайкалье поисково-разведочных работ все эти обстоятельства и определяют актуальность настоящего исследования.

Наиболее важные научные результаты, полученные соискателем:

1. Лугоканский рудный узел представляет собой полихронную рудно-магматическую систему и характеризуется комплексным (Au, Ag, Cu, Sb) полистадийным оруденением: установленная последовательность рудообразования включает в себя следующие минеральные ассоциации (от ранних к поздним): золото-пирит-арсенопиритовую (Au-890-960 ‰, Cu-0.3%) – золото-халькопиритовую (Au-900-920 ‰, Hg-0.4%) – золото-полиметаллическую (Au-750-870 ‰, Hg-0.6%) – золото-висмутовую (Au-730-940 ‰, Hg-0.6%) – золото-серебряную (Au-380-660 ‰, Hg-2.2%) – сурьмяно-ртутную (Sb-Hg).

2. Формирование золотого оруденения Лугоканского рудного узла тесно связано со становлением шахтаминского и порфирового магматических комплексов.

3 Развитие процессов магматизма и рудообразования в Лугоканском рудном узле, по данным прямых геологических наблюдений и Ar-Ar датирования, выражается следующим последовательным рядом: Au-As (163 \pm 1.9 млн. лет, Ar-Ar) \rightarrow шахтаминский комплекс (161.7-161 млн. лет, U-Pb) \rightarrow Au-Cu (160 \pm 2 млн. лет, Ar-Ar) \rightarrow порфиновый комплекс (159-155 млн. лет U-Pb, Ar-Ar) \rightarrow Au-Pb-Zn (156.3 \pm 1.8 млн. лет, Ar-Ar) \rightarrow Au-Bi (155.9 \pm 4.5, Ar-Ar) \rightarrow Au-Ag \rightarrow Sb-Hg.

4. Геохимический профиль (Au, Ag, Te, Bi, Pb, Cu, Sb), минеральный состав, условия локализации руд и температуры образования позволяют отнести золото-висмутовую минерализацию Лугоканского месторождения к эпitherмальному типу оруденения. Серьезным доводом в пользу этого является присутствие Se в качестве примеси в висмутовых и Bi-содержащих минералах (висмутин, фридрихит, эмплектит, ширмерит).

5. Сурьмяная минерализация является наиболее поздней низкотемпературной минеральной ассоциацией, проявленной в рудном этапе и наложенной на ранние сульфидные золотосодержащие руды.

6. На основании исследования флюидных включений в кварце рудных парагенезисов установлено, что по мере развития процесса минералообразования происходило постепенное уменьшение концентрации солей и CO_2 в составе рудообразующих флюидов, а также снижение их температуры.

7. Результаты исследования изотопного состава серы сульфидных минералов свидетельствуют о глубинном эндогенном (мантийно-коровом) источнике серы рудных минералов. Узкий диапазон колебаний изотопного состава серы подтверждает вывод о генетической связи золоторудной минерализации Лугоканского рудного узла с верхнеюрскими магматическими комплексами.

8. Эволюция Лугоканской рудно-магматической системы отражается и в составе самородного золота. Отчётливо наблюдается тенденция - с понижением пробыности золота от ранних высокотемпературных к поздним минеральным ассоциациям возрастает ртутистость золота.

9. В пределах Лугоканского рудного узла проявлена латеральная и вертикальная эндогенная зональность. Латеральная зональность проявляется в последовательном сокращении доли высоко- и среднетемпературных минеральных ассоциаций и в снижении масштабов проявления позднеюрского магматизма от центральной части рудного узла к его флангам. Вертикальная зональность выражается в количественной и качественной смене одних минеральных ассоциаций другими от верхних горизонтов к нижним.

Личное участие автора в получении результатов, изложенных в диссертации, В основу работы положены материалы, собранные автором в 2010-2013 годах в ходе полевых работ в Восточном Забайкалье, а также любезно предоставленные А.С. Борисенко, Ю.А. Калинин, и геологами ООО "Востокгеология". Были изучены образцы руд и пород, отобранных по разведочным канавам и буровым скважинам (более 500 образцов) с месторождений Лугоканского рудного узла, а также из других золоторудных, сурьмяных и комплексных месторождений Восточного Забайкалья. Автором было изготовлено и изучено более 400 аншлифов, около 40 прозрачно-полированных шлифов и 20 прозрачно-полированных пластин. Из протолочных (400) и шлиховых (20) проб выделено около 350 знаков самородного золота. В процессе работы было выполнено более 400 микрорентгеноспектральных анализов сульфидных минералов и самородного золота, более 500 определений химического состава минералов на сканирующем электронном микроскопе с энергодисперсионными приставками, изучено более 200 флюидных включений, более 20 определений содержания золота атомно-абсорбционным, ICP-MS и LA-ICP-MS методами, 5 определений возраста Ag-Ag методом. Выполнено 85 анализов изотопного состава серы рудных минералов.

Результаты исследований неоднократно представлялись автором в виде устных докладов на международных конференциях, конгрессах и совещаниях. По результатам исследований по теме диссертации автором с коллективом составлено и опубликовано 12 изданий научных трудов, из которых 3 статьи в рецензируемых российских журналах.

Высокая степень достоверности и обоснованности результатов проведенных исследований. Результаты диссертационной работы Редина Ю.О., научные положения и выводы являются достоверными и обоснованными. Достоверность представленных результатов исследования золоторудной минерализации Лугоканского рудного узла основывается на высоком методическом уровне проведения работы, представительности и достоверности исходных данных, а также корректном использовании общепринятых и современных исследований.

Применительно к проблематике диссертации результативно **использован** следующий комплекс современных методов исследования:

Минеральный состав, текстурные, структурные особенности, взаимоотношение минеральных индивидов между собой изучались под оптическим микроскопом (Zeiss Axio Lab с установленной цифровой камерой Canon) в отраженном и проходящем свете.

Мономинеральные фракции минералов отбирались под бинокляром (Ломо МСП-2) из протолок и концентратов, а также полученных при растворении образцов в плавиковой кислоте.

Содержание золота в сульфидных минералах определялось атомно-абсорбционным методом (16 монофракций сульфидов), ICP-MS (масс спектрометр с индуктивно связанной плазмой) и LA-ICP-MS (лазерная абляция на масс спектрометре с индуктивно связанной плазмой, 11 определений).

Химический состав сульфидных минералов и самородного золота анализировался в полированных шашках микрорентгеноспектральным методом на приборах JEOL JXA-8100, CAMEBAX-Micro, а также с помощью сканирующей электронной микроскопии (SEM) на приборах JSM-6510, и LEO 1430VP, снабженных энергодисперсионными спектрометрами (ЭДС).

Флюидные включения были изучены в прозрачно-полированных пластинках методами крио-термометрии и Рамановской спектроскопии. Крио-термометрические исследования выполнялись в микротермокамере THMSG-600 фирмы Linkam. Образцы последовательно охлаждались до температуры -100°C и нагревались до полной гомогенизации вещества включений. В процессе наблюдения замерялись (отмечались) температуры эвтектики, плавления льда и гомогенизации. Автором проведено около 200 крио-термометрических замеров индивидуальных флюидных включений. Температуры плавления льда для двухфазных флюидных включений и плавления кристалликов галита для трехфазных позволили установить концентрацию солей в пересчете на NaCl-эквивалент. Состав газовой фазы флюидных включений изучался методом Рамановской спектроскопии (16 определений): спектрометр Ramanog U-1000 и детектор Horiba DU420E-OE-323 фирмы Jobin Yvon, лазер Millennium Pro фирмы Spectra-Physics; Confocal Raman Microscope alpha300 R фирмы WITec.

$^{40}\text{Ar}/^{39}\text{Ar}$ метод изотопно-геохронологического датирования по методике ступенчатого прогрева применялся для установления абсолютного возраста пород и оруденения (5 определений).

Определение содержания петрогенных элементов в магматических породах выполнено с помощью РФА (рентгенофлуоресцентного) анализа, содержания редких и редкоземельных элементов определены методом ICP-MS на масс-спектрометре высокого разрешения ELEMENT (Finnigan Mat) с ультразвуковым распылителем U-5000AT+.

Изотопный состав серы сульфидных минералов и все перечисленные виды анализов выполнены в аналитическом центре ИГМ СО РАН (г. Новосибирск).

Все исследования проведены с использованием сертифицированных методик и с помощью высококвалифицированных аналитиков и специалистов Аналитического Центра ИГМ СО РАН.

Научная новизна и теоретическая значимость

Впервые на основе современных методов детально изучен минеральный состав руд, месторождений Лугоканского рудного узла. Выделены основные минеральные ассоциации, установлена последовательность их формирования и их геохимические особенности. В ходе настоящих исследований впервые установлены золото-висмутовая (на Серебряном месторождении) и золото-серебряная (на Лугоканском месторождении) минерализации. В работе впервые приведены детальные данные по химическому составу самородного золота и сульфидных минералов и их изотопному составу. Выявлены закономерности пространственного размещения минеральных ассоциаций, охарактеризована латеральная и вертикальная зональность. Проведенные термобарогеохимические исследования флюидных включений в минералах основных минеральных ассоциаций позволили оценить физико-химические параметры рудоотложения. Первые данные по изотопному составу серы сульфидных минералов позволили установить вероятные источники серы рудного вещества для различных минеральных ассоциаций. На основе впервые полученных данных по Ag-Ag возрасту различных типов золотого оруденения Лугоканского рудного узла и магматических пород обосновано выделение нескольких этапов формирования и установлена временная связь золоторудной минерализации с конкретными магматическими комплексами.

Практическая значимость и ценность научных работ соискателя

Полученные в работе данные об этапности формирования золотого оруденения, его временной корреляции с определенными магматическими комплексами могут быть использованы при постановке поисково-оценочных работ, а также в прогнозе и поиске месторождений золота в этом регионе. Данные о минеральных формах благородных металлов в рудах месторождений могут использоваться при разработке технологий их отработки и обогащения, а также решать проблему комплексного использования минерального сырья.

Соответствие диссертации специальности, по которой она рекомендуется к защите:

Научно-квалификационная работа соответствует **Формуле и Области исследований** (пункт 1. Условия образования месторождений твердых полезных ископаемых) **специальности 25.00.11 «геология, поиски и разведка твердых полезных ископаемых, минерагения»**, поскольку в работе проводится разработка теоретических основ генезиса (условий образования) золоторудных месторождений, изучаются особенности их геологического строения и минерального состава, а также закономерности их размещения в пространстве.

Полнота изложения материалов диссертации в работах, опубликованных соискателем. Соискатель имеет 12 опубликованных работ по теме диссертации, в том числе 3 работы, опубликованные в рецензируемых научных изданиях.

Публикации соискателя, в которых опубликованы материалы диссертации:

Статьи в рецензируемых журналах:

1. **Редин Ю.О.**, Козлова В.М. Золото-висмут-теллуридная минерализация в рудах месторождения Серебряного // Тихоокеанская геология. - 2014. - Т.33, №3. - С. 39-52.
2. **Редин Ю.О.**, Калинин Ю.А., Неволько П.А., Кириллов М.В., Колпаков В.В. Минеральные ассоциации и зональность оруденения Лугоканского рудного узла (Восточное Забайкалье) // Геология и минерально-сырьевые ресурсы Сибири. - 2014. - Т.18, №2. - С. 83-93.
3. Кузьмина О.Н., Дьячков Б.А., Владимиров А.Г., Кириллов М.В., **Редин Ю.О.** Геология и минералогия золотоносных джаспероидов Восточного Казахстана (на примере рудного поля Байбура) // Геология и геофизика. - 2013. - Т.54, №12. - С. 1889-1904.

Материалы докладов на конференциях:

1. **Редин Ю.О.**, Кириллов М.В., Неволько П.А. Минералого-геохимические особенности золота Савкинского золоторудного месторождения (Восточное Забайкалье) // Материалы XVII молодежной научной школы "Металлогения древних и современных океанов". Миас: ИМин УрО РАН, 2011. - С. 228-231.
2. **Редин Ю.О.** Соотношение золотого и сурьмяного оруденения на объектах Лугоканского рудного узла, Восточное Забайкалье // Материалы всероссийского совещания (с участием иностранных ученых) "Современные проблемы геохимии", посвященного 95-летию со дня рождения академика Л.В. Таусона. Иркутск: Изд-во Института географии им. В.Б.Сочавы СО РАН, 2012. - С. 114-117.
3. **Редин Ю.О.** Типоморфные особенности и золотоносность арсенопиритов Серебряного месторождения (Восточное Забайкалье) // Материалы III всероссийской научно-практической конференции "Минерагения Северо-Восточной Азии". Улан-Удэ: Издательский Дом "Экос", 2012. - С. 130-132.
4. **Redin Yu.**, Dultsev V. Forms of gold occurrence in the ore from the Serebryanoe deposit (Eastern Transbaikalia) // Conference Proceedings edition: 34 International Geological Congress, Brisbane, Australia, 2012, CD-publication 3355.
5. **Redin Yu.O.** On the formation assignment of the Lugokan deposit (Eastern Transbaikalia). // Proceedings of the Conference: The 6th International Siberian Early Career Geoscientists Conference. Novosibirsk, 2012. - P. 130.

6. **Redin Yu., Dultsev V.** Gold-bismuth-telluride mineral association in ores from the Serebryanoe deposit (Eastern Transbaikalia) // Proceedings of the Conference: 4th International Geologica Belgica Meeting "Moving plates and melting icecaps Processes and forcing factors in geology". Brussels, 2012. - P. 194.

7. **Редин Ю.О.** Au-As тип оруденения на золоторудных месторождениях Восточного Забайкалья // Материалы четвертой всероссийской научно-практической конференции "Геодинамика и минерагения Северо-Восточной Азии". Улан-Удэ: Издательский Дом "Экос", 2013а. - С. 300-303.

8. **Редин Ю.О.** Минералого-геохимические типы золоторудной минерализации на полиформационных месторождениях Восточного Забайкалья // Материалы всероссийской конференции (с международным участием) "Рудообразующие процессы: от генетических концепций к прогнозу и открытию новых рудных провинций и месторождений". М.: ИГЕМ РАН, 2013. - С. 163.

9. **Редин Ю.О., Калинин Ю.А., Неволько П.А., Козлова В.М.** Эндогенная зональность Лугоканского рудного узла (Восточное Забайкалье) // Материалы 1-й научно-практической конференции "Геология, геофизика и минеральное сырье Сибири". Новосибирск: СНИИГГиМС, 2014. - Т.1. - С. 12

Диссертация «Золоторудная минерализация Лугоканского рудного узла (Восточное Забайкалье): минеральные ассоциации, возраст, эндогенная зональность» Редина Юрия Олеговича **рекомендуется** к защите на соискание учёной степени кандидата геолого-минералогических наук по специальности 25.00.11 - «геология, поиски и разведка твердых полезных ископаемых, минерагения»

Заключение принято на расширенном заседании лаборатории Рудно-магматических систем и металлогении ИГМ СО РАН (№ 214). Присутствовало на заседании – 21 человек: 9 докторов геол.-мин. наук, из них 8 членов диссертационного совета Д 003.067.03, 8 кандидатов геол.-мин. наук, 1 м.н.с. и 3 инженера. Результаты открытого голосования по вопросу принятия заключения по диссертации Редина Ю.О.: «за» – 21 чел., «против» – 0 чел., «воздержалось» – 0 чел., протокол № 214/2014-6 от 5 декабря 2014 г.

Заключение оформил:



*Гаськов Иван Васильевич,
доктор геолого-минералогических наук, ведущий
научный сотрудник Лаборатории рудно-
магматических систем и металлогении (№ 214)
ИГМ СО РАН*