

ЗАКЛЮЧЕНИЕ ДИССЕРТАЦИОННОГО СОВЕТА 24.1.050.01
НА БАЗЕ ФЕДЕРАЛЬНОГО ГОСУДАРСТВЕННОГО БЮДЖЕТНОГО
УЧРЕЖДЕНИЯ НАУКИ ИНСТИТУТА ГЕОЛОГИИ И МИНЕРАЛОГИИ ИМ.
В.С. СОБОЛЕВА СИБИРСКОГО ОТДЕЛЕНИЯ РОССИЙСКОЙ АКАДЕМИИ
НАУК ПО ДИССЕРТАЦИИ НА СОИСКАНИЕ УЧЕНОЙ СТЕПЕНИ
КАНДИДАТА ГЕОЛОГО-МИНЕРАЛОГИЧЕСКИХ НАУК

аттестационное дело № _____
решение диссертационного совета от 27 сентября 2023 г. № 03/15

О присуждении Рябуха Марии Алексеевне, гражданке РФ, учёной степени кандидата геолого-минералогических наук.

Диссертация **«Флюидный режим и возраст формирования орогенных месторождений золота Енисейского кряжа (на примере Богунайского, Герфедского и Панимбинского золоторудных месторождений)»** по специальности 1.6.10. «Геология, поиски и разведка твердых полезных ископаемых, минерагения» принята к защите 11 июля 2023 г. (протокол №3/12) диссертационным советом 24.1.050.01 на базе Федерального государственного бюджетного учреждения науки Института геологии и минералогии им. В.С. Соболева Сибирского отделения Российской академии наук (ИГМ СО РАН), 630090, г. Новосибирск, проспект академика Коптюга, 3), приказ МИНОБРНАУКИ № 105/нк от 11.04.2012 г.

Соискатель **Рябуха Мария Алексеевна**, 1989 года рождения, в 2012 году окончила магистратуру Новосибирского государственного университета по специальности 05.04.01 «Геология», в 2015 г. окончила очную аспирантуру в Новосибирском государственном университете по специальности 25.00.09 «Геохимия, геохимические методы поисков полезных ископаемых», в настоящее время работает в должности научного сотрудника в ИГМ СО РАН им. В.С. Соболева.

Диссертация выполнена в лаборатории термобарогеохимии Федерального государственного бюджетного учреждения науки Института геологии и минералогии им. В.С. Соболева СО РАН (ИГМ СО РАН).

Научный руководитель – Томиленко Анатолий Алексеевич, доктор геолого-минералогических наук, главный научный сотрудник лаборатории термобарогеохимии Федерального государственного бюджетного учреждения науки Института геологии и минералогии им. В.С. Соболева СО РАН (ИГМ СО РАН).

Официальные оппоненты: **Дамдинов Булат Батуевич**, доктор геолого-минералогических наук по специальности 25.00.11 – «Геология, поиски и разведка твердых полезных ископаемых, минерагения», заместитель директора по научной работе, заведующий лабораторией металлогении и рудообразования Федерального государственного бюджетного учреждения науки Геологического института им. Н.Л. Добрецова СО РАН (60047, г. Улан-Удэ, ул. Сахьяновой, д. ба); **Макаров Владимир Александрович**, доктор геолого-минералогических наук по специальности 25.00.11 – «Геология, поиски и разведка твердых полезных ископаемых, минерагения», профессор, заведующий кафедрой Геологии месторождений и методики разведки Института горного дела, геологии и технологий Федерального государственного автономного образовательного учреждения высшего образования «Сибирский федеральный университет» (660025, г. Красноярск, пр. им. газеты Красноярский рабочий, 95) дали положительные отзывы на диссертацию.

Ведущая организация Федеральное государственное бюджетное учреждение науки Институт геологии алмаза и благородных металлов Сибирского отделения Российской академии наук, г. Якутск, в своем положительном заключении, подписанным **Анисимовой Галиной Семеновной** кандидатом геолого-минералогических наук, ведущим научным сотрудником лаборатории геологии и минералогии благородных металлов и **Кардашевской Вероникой Николаевной**, кандидатом геолого-минералогических наук, научным сотрудником лаборатории геологии и минералогии благородных металлов указала, что диссертационная работа является завершенным исследованием, в котором на высоком профессиональном уровне установлены физико-химические параметры и состав флюидов трех золоторудных месторождений Енисейского края, все поставленные цели достигнуты, защищаемые положения надежно обоснованы.

Соискатель имеет 29 опубликованных работ, в том числе по теме диссертации 9 работ опубликованы в рецензируемых журналах, рекомендованных ВАК:

1. Гибшер Н.А., Томиленко А.А., Сазонов А.М., **Рябуха М.А.**, Тимкина А.Л. Золоторудное месторождение Герфед: характеристика флюидов и РТ-условия образования кварцевых жил (Енисейский край, Россия) // Геология и геофизика, 2011, т. 52, № 11, с. 1851-1867.

2. **Рябуха М.А.**, Гибшер Н.А., Томиленко А.А., Бульбак Т.А., Хоменко М.О., Сазонов А.М. РТХ-параметры метаморфогенных и гидротермальных флюидов: изотопия и возраст формирования Богунайского золоторудного месторождения южной части Енисейского края (Россия) // Геология и геофизика, 2015, т. 56, № 6, с. 1153-1172

3. Гибшер Н.А., **Рябуха М.А.**, Томиленко А.А., Сазонов А.М., Хоменко М.О., Бульбак Т.А., Некрасова Н.А. Характеристика металлоносных флюидов и возраст формирования золоторудного месторождения Панимба (Енисейский край, Россия) // Геология и геофизика, 2017, т. 58, № 11, с. 1721-1741.

4. Гибшер Н.А., Томиленко А.А., Сазонов А.М., Бульбак Т.А., Хоменко М.О., **Рябуха М.А.**, Шапаренко Е.О., Сильянов С.А., Некрасова Н.А. Рудоносные флюиды золоторудного месторождения Эльдorado (Енисейский край, Россия) // Геология и геофизика. 2018, т. 59. № 8, с. 1220-1237.

5. Гибшер Н.А., Сазонов А.М., Травин А.В., Томиленко А.А., Пономарчук А.В., Сильянов С.А., Некрасова Н.А., Шапаренко Е.О., **Рябуха М.А.**, Хоменко М.О. Возраст и продолжительность формирования Олимпиадинского золоторудного месторождения (Енисейский край, Россия) // Геохимия, 2019, № 5, с. 593-599.

6. Гибшер Н.А., Томиленко А.А., Сазонов А.М., Бульбак Т.А., **Рябуха М.А.**, Сильянов С.А., Некрасова Н.А., Хоменко М.О., Шапаренко Е.О. Олимпиадинское золоторудное месторождение (Енисейский край): температура, давление, состав рудообразующих флюидов, $\delta^{34}\text{S}$ сульфидов, $^3\text{He}/^4\text{He}$ флюидов, Ar-Ar возраст и продолжительность формирования // Геология и геофизика. 2019. Т. 60. № 9, с. 1310-1329.

7. Бульбак Т. А., Томиленко А. А., Гибшер Н. А., Сазонов А. М., Шапаренко Е. О., **Рябуха М. А.**, Хоменко М. О., Сильянов С. А., Некрасова Н. А. Углеводороды во флюидных включениях из самородного золота, пирита и кварца месторождения Советское (Енисейский край, Россия) по данным беспирилизной газовой хромато-масс-спектрометрии // Геология и геофизика, 2020, №11, Т. 61. - №10, с. 1535-1560.

8. Shaparenko E., Gibsher N., Tomilenko A., Sazonov A., Bul'bak T., **Ryabukha M.**, Khomenko M., Silyanov S., Nekrasova N., Petrova M. Ore-Bearing Fluids of the

Blagodatnoye Gold Deposit (Yenisei Ridge, Russia): Results of Fluid Inclusion and Isotopic Analyses // Minerals. – 2021. - 11. 1090.

9. Сильянов С.А., Сазонов А.М., Тишин П.А., Лобастов Б.М., Некрасова Н.А., Звягина Е.А., Рябуха М.А. Элементы-примеси в сульфидах и золоте месторождения Олимпиада (Енисейский кряж): источники вещества и параметры флюида // Геология и геофизика. – 2021. - Т. 62. - № 3. С. 382—402.

На автореферат поступило 6 отзывов (все положительные) от: 1) Коловой Е.Е., к.г.-м.н., старшего научного сотрудника, и.о. заведующего лабораторией петрологии, изотопной геохронологии и рудообразования ФГБУН Северо-Восточного комплексного научно-исследовательского института им. Н.А. Шило ДВО РАН; 2) Поцелуева А.А., д.г.-м.н., профессора кафедры геологии и разведки полезных ископаемых, главного геолога ООО «КосмоГеопро»; 3) Сазонова А.М., д.г.-м.н., профессора кафедры геологии, минералогии и петрографии Института цветных металлов Федерального государственного автономного образовательного учреждения высшего образования «Сибирский федеральный университет»; 4) Аведисян А.А., к.г.-м.н., старшего научного сотрудника лаборатории геологии докембрия РАН и Каулиной Т.В., д.г.-м.н., главного научного сотрудника, заведующего лабораторией геологии докембрия Геологического института КНЦ РАН; 5) Тишина П.А., к.г.-м.н., декана геолого-географического факультета Томского государственного университета, научного сотрудника центра коллективного пользования «Аналитический центр геохимии природных систем» и Кунгуловой Э.Н., младшего научного сотрудника лаборатории структурной петрологии и минерогенеза Томского государственного университета; 6) Гамова М.И., д.г.-м.н., профессора кафедры месторождений полезных ископаемых Института наук о Земле Южного федерального университета.

Во всех отзывах отмечены научная новизна, актуальность и дискуссионность работы, высокий методический уровень исследований флюидных включений, апробация результатов в многочисленных научных публикациях. Особо подчеркивается уникальность и новизна данных по составу углеводородов в кварце и в сульфидах, определённых методом беспирилизной газовой хромато-масс-спектрометрии.

Основные замечания и вопросы касаются: 1) недостаточной характеристики геологического строения месторождений, минералогии руд и выделения генераций кварца (официальные оппоненты Дамдинов Б.Б. и Макаров В.А., ведущая организация); 2) сопоставления результатов термобарогеохимии с данными минеральной и изотопной термобарометрии (ведущая организация, официальный оппонент Дамдинов Б.Б.); 3) применения результатов термобарогеохимических исследований в качестве поисково-оценочных критериев (официальный оппонент Дамдинов Б.Б., Гамов М.И.); 4) корреляции изотопного состава углерода и серы руд и вмещающих пород (официальный оппонент Дамдинов Б.Б.); 5) природы источников рудоносных растворов и причин их сходства на трёх месторождениях (официальный оппонент Дамдинов Б.Б., Поцелуев А.А.); 6) необходимости расчета равновесного изотопного состава серы и углерода, кислорода во флюиде для оценки источников вещества гидротермальных растворов (ведущая организация); 7) ограниченности данных по температурам минералообразования для Богунайского месторождения (ведущая организация); 8) различия в составе летучих компонентов, определенных методом хромато-масс-спектрометрии, для кварца и сульфидов (официальный оппонент Макаров В.А., Колова Е.Е., Аведисян А.А., Каулина Т.В.); 9) связи позднепротерозойских месторождений с палеозойской Татарско-Ишимбинской разломной зоной (Сазонов А.М.); 10) корреляции этапов регионального метаморфизма с формированием месторождений (Тишин П.А.,

Кунгулова Э.Н.); 11) расчёта плотности CO₂ флюидных включений на основе термобарогеохимии (Колова Е.Е.); 12) причин резкого изменения давления и температуры при образовании орогенных месторождений золота (Поцелуев А.А.). 13) структуры диссертации, названия глав разделов (ведущая организация, официальный оппонент Макаров В.А).

Выбор официальных оппонентов обосновывается тем, что Дамдинов Булат Батуевич и Макаров Владимир Александрович являются признанными компетентными экспертами в области генезиса рудных месторождений, в том числе золоторудных; имеют многочисленные публикации в соответствующей диссертационной работе сфере исследования и способны объективно оценить работу.

Выбор ведущей организации (ФГБУН Институт геологии алмаза и благородных металлов Сибирского отделения Российской академии наук) обосновывается тем, что в его составе имеется структурное подразделение - лаборатория геологии и минералогии благородных металлов, направление исследований которой полностью соответствует тематике рассматриваемой диссертации. Высококвалифицированные специалисты этой лаборатории проводятся масштабные фундаментальные и прикладные научные исследования по выявлению закономерностей размещения и образования месторождений благородных и редких металлов, являются известными и признанными в нашей стране и за рубежом экспертами в области геологии, минералогии, прогноза месторождений благородных металлов и могут компетентно оценить научную и прикладную значимость диссертации.

Диссертационный совет отмечает, что на основании выполненных соискателем исследований: разработаны модели образования Богунайского, Герфедского и Панимбинского золоторудных месторождений при участии коровых водно-углекислотно-углеводородных гомогенных и гетерогенных гидротермальных флюидов; дано обоснование связи золотого оруденения с коллизионно-аккреционными событиями на Енисейском крыже в интервалах 850-600 и 500-400 млн. лет; изложены новые свидетельства наличия углеводородов в гидротермальных системах орогенных месторождений.

Теоретическая значимость исследования обоснована тем, что сформулированы и доказаны следующие научные положения:

1. Формирование Богунайского месторождения происходило при температурах 210-350°C и давлении от 0.1 до 1.6 кбар, Герфедского – 200-400°C и давлении 0.1-2.5 кбар, Панимбинского 180-410°C и давлении 0.2-3.3 кбар из гомогенных и гетерогенных гидротермальных флюидов, состоящих из H₂O, CO₂, алифатических, циклических и кислородсодержащих углеводородов, а также азот-, серо- и галогенсодержащих соединений.
2. Изотопный состав гелия (³He, ⁴He) из флюидных включений и серы сульфидов ($\delta^{34}\text{S}$) свидетельствуют о коровом источнике гидротермальных флюидов, сформировавших Богунайское, Герфедское и Панимбинское золоторудные месторождения Енисейского крыжа.
3. Возраст кварцевых жил Богунайского золоторудного месторождения составляет 466.0 ± 3.2 – 461.6 ± 3.1 млн. лет и существенно оторван по времени от метаморфизма вмещающих пород канской серии (~1.9 – 1.84 млрд. лет [Ножкин и др., 2010]). Возраст формирования Панимбинского золоторудного месторождения составляет 817.2 ± 5.3 – 800.4 ± 5.1 млн. лет и коррелируется с развитием Панимбинско-Шалакитской надвиговой системы Енисейского крыжа (826-798 млн. лет [Тишин и др., 2005; Сазонов и др., 2010]).

Применительно к проблематике диссертации эффективно использован комплекс современных визуально-оптических, термобарогеохимических, химических, изотопно-геохимических и геохронологических методов исследования. Для получения информации о физико-химических условиях формирования золотого оруденения исследованы фракции сульфидов, кварца и серицита, петрографические шлифы и двустороннеполированные пластинки кварца из 80 образцов: в 13 образцах кварца сделаны анализы лантаноидов, щелочных и щелочноземельных элементов, изотопный состав серы идентифицирован в 45 образцах сульфидов, $\delta^{13}\text{C}$ в 10 образцах кварца, изотопный состав гелия определен в 4 образцах, Ag-Ag возраст серицита и биотита установлен для пяти кварц-золоторудных жил. Микротермометрия проведена более чем в 1000 флюидных включениях. Рамановской спектроскопией получен химический состав 156 индивидуальных флюидных включений, а валовая химия (методом GC-MS) из 34 образцов кварца и сульфидов.

В диссертационной работе изложены новые данные о физико-химических условиях формирования Богунайского, Герфедского и Панимбинского золоторудных месторождений, по изотопным характеристикам серы, углерода и гелия флюидов; определено время формирования жильной минерализации Богунайского и Панимбинского месторождений, впервые получены данные по газовому составу флюидов методом беспиролизной хромато-масс-спектрометрии.

Значение полученных соискателем результатов исследования для практики подтверждается тем, что полученные данные термобарогеохимических, изотопных, геохронологических исследований позволили определить условия образования изученных месторождений, что может способствовать более эффективному поиску и геологоразведке золоторудных объектов складчатых поясов и создают основу для понимания генезиса других орогенных месторождений золота в докембрийских метаморфических комплексах Енисейского кряжа.

Оценка достоверности результатов исследования выявила, что все результаты получены на сертифицированном новейшем оборудовании с использованием современных методов термобарогеохимии, изотопной геохимии и геохронологии. Флюидные включения в кварце были проанализированы с помощью микротермометрии на термोकриокамере «Linkam» THMSG-600, состав газовой фазы индивидуальных включений определялся на спектрометре Horiba LabRam HR800. Анализ состава флюидов выполнялся высокочувствительной масс-спектрометрией с индуктивно-связанной плазмой (ИСП-МС) на масс-спектрометре ELEMENT Finnigan MAT. Валовый состав газовой фазы флюидных включений в кварце и сульфидах определялся беспиролизной газовой хромато-масс-спектрометрией (GC-MS) на хромато-масс-спектрометре Thermo Scientific DSQ II MS/Focus GC; интерпретация данных проводилась по программе AMDIS и в ручном режиме с коррекцией фона по библиотекам масс-спектров NIST 2020 и Wiley 12 (программа NIST MS Search). Изотопные исследования серы осуществлялись на масс-спектрометре «Finnigan MAT Delta» (ИГМ СО РАН, г. Новосибирск). Содержание и изотопный состав гелия измерялись на масс-спектрометре МИ-1201 с чувствительностью по гелию $5 \cdot 10^{-5} \text{ А/торр}$ (ГИ КНЦ РАН, г. Апатиты). По сингенетичному серициту из кварцевых жил ^{40}Ar - ^{39}Ar методом на масс-спектрометре Micromass 5400 в лаборатории изотопно-аналитической геохимии ИГМ СО РАН (г. Новосибирск) определялся возраст золотого оруденения.

Теория построена на известных опубликованных геологических, минералогических, геохимических, геодинамических данных по теме диссертации. Идея диссертации базируется на обобщении опыта предшествующих исследователей

в данной области геологии, геохимии и металлогении; сборе и сопоставлении ранее полученных результатов по орогенным месторождениям золота Енисейского кряжа с собственными уникальными аналитическими данными. В работе использованы результаты из таких источников как [Goldfarb, et al., 2001; 2005; Заблоцкий и др., 2002; Корнев и др., 2004; Сердюк, 2004, 2010; Ножкин и др., 2010; Сазонов и др., 2010; Phillips, Powell, 2010; Tomkins, 2013; Гибшер и др., 2017, 2018, 2019; Кряжев, 2017; Бульбак и др., 2020; Gaboury, 2021; Feng et al., 2021; Hu et al., 2022]. Установлено, что полученные диссертантом результаты не противоречат и адекватно согласуются с опубликованными результатами других исследователей.

Личный вклад соискателя состоит в его непосредственном участии в исследовательской работе на всех её этапах. Автором подготовлены мономинеральные фракции и препараты, выполнены все термобарогеохимические исследования (микротермометрия, криометрия, КР-спектроскопия) флюидных включений в минералах месторождений. Получены и обработаны данные по газовой хромато-масс-спектрометрии, газовой хроматографии, изотопии серы сульфидов, углерода углекислоты и гелия из флюидных включений и ^{40}Ar - ^{39}Ar возрасту оруденений. Результаты исследований обсуждались на всероссийских и международных конференциях. Совместно с соавторами проведена интерпретация полученных результатов, подготовлены и представлены в печать тексты статей и материалы конференций.

На заседании 27 сентября 2023 г. диссертационный совет принял решение присудить Рябуха Марии Алексеевне учёную степень кандидата геолого-минералогических наук.

При проведении тайного голосования диссертационный совет в количестве 15 человек, из них 8 докторов наук по специальности 1.6.10, участвовавших в заседании, из 21 человека, входящего в состав совета, проголосовали: за – 15, против – 0, недействительных - 0.

Председатель

диссертационного совет, д.г.-м.н.

Учёный секретарь

диссертационного совета, д.г.-м.н.



А.Э. Изох

О.М. Туркина

29.09.2023г.