

ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ
БЮДЖЕТНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ НАУКИ

ИНСТИТУТ ГЕОЛОГИИ
АЛМАЗА И БЛАГОРОДНЫХ
МЕТАЛЛОВ
СИБИРСКОГО ОТДЕЛЕНИЯ
РОССИЙСКОЙ АКАДЕМИИ НАУК
(ИГАБМ СО РАН)

Просп. Ленина, д. 39, Якутск, 677980
Факс (4112) 33-57-08
Телефон (4112) 33-58-64
E-mail: igabm@bk.ru
<http://www.diamond.ysn.ru>

УТВЕРЖДАЮ
зам. директора по научной работе
ИГАБМ СО РАН,
К.Г.-М.Н.
Е.Е. Лоскутов



4 сентября 2023 г.

04.09.2023

№ 384-01-18-06-13/156

На № _____ от _____

ОТЗЫВ ВЕДУЩЕЙ ОРГАНИЗАЦИИ

на диссертационную работу Рябуха Марии Алексеевны
«ФЛЮИДНЫЙ РЕЖИМ И ВОЗРАСТ ФОРМИРОВАНИЯ ОРОГЕННЫХ
МЕСТОРОЖДЕНИЙ ЕНИСЕЙСКОГО КРЯЖА (НА ПРИМЕРЕ БОГУНАЙСКОГО,
ГЕРФЕДСКОГО И ПАНИМБИНСКОГО ЗОЛОТОРУДНЫХ МЕСТОРОЖДЕНИЙ)»,
представленную на соискание ученой степени кандидата геолого-минералогических наук
по специальности 1.6.10. – геология, поиски и разведка твердых полезных ископаемых,
минералогия.

Актуальность темы и цели исследования. Енисейский кряж, расположенный в Красноярском крае, является одним из уникальных центров золотодобычи в России. На этой территории известны крупные месторождения золота орогенного типа в терригенно-карбонатных и терригенных толщах (Олимпиада, Благодатное, Титимухта и др.). При этом малоизученными и дискуссионными остаются месторождения рудного золота в кварцевых жилах, расположенные в докембрийских метаморфических комплексах, приуроченные к разломным зонам палеозойского возраста. К ним относятся три золоторудные месторождения: Герфедское (золото-кварцевая формация, Енисейский золото-кварцевый пояс), Панимбинское (золото-сульфидная формация, Енашиминско-Чиримбинский пояс) и Богунайское (золото-серебряно-кварц-сульфидная формация, Кузеевско-Богунайский пояс). Актуальность проведенных исследований не вызывает сомнений. Автором для вышеназванных месторождений впервые определены Р-Т условия формирования оруденения, установлено агрегатное состояние и состав минералообразующих сред, определены изотопные характеристики (серы, сульфидов, углерода и кислорода карбонатов, углерода углекислоты и гелия из флюидных включений в кварце) и выяснены возможные источники минералообразующих флюидов. Поставленные автором диссертации основные цели успешно достигнуты – определить физико-химические условия и возраст формирования Богунайского, Герфедского и Панимбинского золоторудных месторождений, для использования в качестве поисково-оценочных критериев при геологоразведке и доразведке для других орогенных месторождений золота Енисейского кряжа.

Научная новизна и практическая значимость. Впервые определены физико-химические условия образования данных месторождений, состав флюидов методом

хромато-масс-спектрометрии, возраст оруденения, изотопный состав гелия, серы и углерода Богунайского, Герфедского и Панимбинского золоторудных месторождений. Причем, определение состава флюидных включений в кварце и сульфидах методом беспиролизной газовой хромато-масс-спектрометрии выполнено впервые и представляет большой научный интерес для выяснения генетических особенностей подобных золоторудных месторождений.

Фактический материал и методы исследований. Работа основана на значительном фактическом материале (образцы жильного кварца, сульфидов и серицита из кварцевых жил), предоставленном д.г.-м.н. Сазоновым А.М. (СФУ, Красноярск) и н.с. Хоменко М.О. (ИГМ СО РАН, Новосибирск). Для решения поставленных задач соискателем были использованы современные методы исследования, такие как масс-спектрометрия с индуктивно-связанной плазмой (ИСП-МС), криотермометрия, КР-спектроскопия, газовая хромато-масс-спектрометрия, изотопный анализ серы, углерода, гелия и $^{40}\text{Ar}/^{39}\text{Ar}$ датирование золотого оруденения.

Личный вклад автора. Проанализирован обширный опубликованный научный материал, связанный с темой диссертации. Автором лично подготовлены мономинеральные фракции и препараты, а также выполнены все термобарогеохимические исследования (термометрия, криометрия, КР-спектроскопия) флюидных включений в минералах изученных месторождений. Получены и обработаны данные по газовой хромато-масс-спектрометрии, газовой хроматографии, изотопии серы ($\delta^{34}\text{S}$) сульфидов, углерода ($\delta^{13}\text{C}$) углекислоты и карбонатов, гелия ($^3\text{He}/^4\text{He}$) из флюидных включений и $\text{Ar}-\text{Ar}$ возрасту оруденений.

Апробация работы. Основные результаты работы докладывались на всероссийских и международных конференциях. Опубликовано 29 работ, в том числе 9 статей в рецензируемых журналах, рекомендованных ВАК.

В первой главе приводится краткий (на наш взгляд слишком сжато) обзор предшествующих исследований, отражена проблема дискуссионности отнесения золоторудных месторождений к орогенному типу российскими и зарубежными учеными.

Замечания к первой главе: следовало бы привести более подробный обзор известных месторождений Енисейского края, описать типы оруденения встречаются на его территории, чтобы в дальнейшем при обсуждении сделать сравнительную характеристику изученных объектов с ними.

Вторая глава посвящена подробной характеристике широкого спектра использованных в работе визуально-оптических и аналитических методов, выполненных на современном оборудовании в лабораториях ИГМ СО РАН (г. Новосибирск) и Геологическом институте КНЦ РАН. Замечаний к главе нет.

В третьей главе очень кратко дается геолого-минералогическая характеристика исследованных месторождений (Богунайского, Герфедского и Панимбинского). Приведены сведения о местоположении, стратиграфии, интрузивных образованиях, метасоматических преобразованиях, вещественном составе руд. Исходя из этого, в качестве замечаний можно отметить следующее:

1. Отсутствие описания рудных узлов и геологических схем к ним, к которым приурочены изученные месторождения усложняет восприятие материала.
2. На месторождении Богунайское в разделе интрузивные образования не приведен состав пород позднерифейского токминского комплекса.

3. При описании геологического строения месторождений отсутствует раздел тектоники, что усложняет пространственное представление об этих объектах.

4. На рис. 3, 5, 7, 8 некорректное сокращение минералов. Следует использовать общепринятые условные обозначения для минералов из Warr, 2021: Warr L.N. (2021) IMA–CNMNC approved mineral symbols. Mineralogical Magazine 85, 291–320. Qz – кварц, Csp – халькопирит, Pyh – пирротин.

5. На месторождении Панимбинское не приведено описание интрузивных образований.

6. В разделе минералогии месторождений нет подробного описания главного жильного минерала – кварца. Не обсуждается разделение на генерации. С чем это связано непонятно?

Четвертая глава содержит информацию об основных типах флюидных включений в кварце изученных месторождений.

Замечания: данную главу логичнее было объединить со следующей главой, где приводятся результаты термобарогеохимических исследований и сделать ее разделом «Характеристика флюидных включений».

Пятая глава представлена результатами термобарогеохимических, изотопно-геохимических и геохронологических исследований трех месторождений. Приводятся Р-Т параметры формирования, состав и соленость флюидов. По данным КР-спектроскопии определены газовые составы включений и установлено, что основными компонентами в них являются CO₂, N₂, CH₄. Приведены данные о содержании алифатических, циклических и кислородсодержащих углеводородов, а также азот-, серо- и хлорсодержащих соединений во флюидных включениях в кварце и сульфидах, определенные методом хромато-масс-спектроскопии.

На основании полученных результатов четко и ясно сформулировано первое защищаемое положение.

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 0.2–2.3 кбар из гомогенных и гетерогенных гидротермальных флюидов, состоящих из H₂O, CO₂, алифатических, циклических и кислородсодержащих углеводородов, а также азот-, серо- и галогенсодержащих соединений.

В качестве замечаний отметим следующее:

1. Название этой главы неудачное «Результаты исследований». Помимо термобарогеохимических исследований, здесь приводятся изотопно-геохимические и геохронологические исследования. Было бы логичнее разделить ее на две главы и дать название: «Физико-химические параметры рудообразующего флюида» и «Источники рудного вещества и возраст оруденения».

2. На стр. 58 в разделе 5.1 написано, что «минералообразование происходило от 110 до 350 °C...», но в защищаемом положении указано, что «формирование Богунайского месторождения происходило при температурах 210–350 °C...». Возможно, произошла опечатка.

3. В табл. 1 на стр. 60 не приведены плотность CO₂, давление флюида, хотя в тексте они упоминаются.

4. На стр. 66 в разделе 5.1 написано, что «давление флюида Панимбинского месторождения менялось в интервале от 0.2 до 2.3 кбар...», но в защищаемом положении указано, что «давление 0.2–3.3 кбар». Возможно, произошла опечатка. Что из них верно?

5. В разделе 5.1 отсутствует гистограмма температур гомогенизации первичных и первично-вторичных включений для Панимбинского месторождения, что усложняет восприятие материала.

6. В разделе 5.2 отсутствует диаграмма состав-соленость водной фазы включений для кварцевых жил месторождения Богунайское, что также затрудняет восприятие данных.

7. В разделе 5.2. не приведены значения редкоземельного состава флюидов методом хромато-масс-спектрометрии. С чем это связано?

8. Для уточнения Р-Т параметров формирования руд не используется минеральная термобарометрия. Чем это можно обосновать?

Раздел главы 5.4, 5.5, 5.6 посвящен оценкам возможных источников рудоносных флюидов, полученным на основе определения изотопного состава S, C, He. Информация об изотопных характеристиках флюидов является одним из существенных достоинств данной работы. На основе полученных данных, автором сделан вывод о коровом источнике гидротермальных флюидов. По данным, приведенным в пятой главе, сформулировано второе защищаемое положение:

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 кряжа.

Замечания к разделам 5.4, 5.5, 5.6:

1. В табл. 17 на стр. 101 не приведены значения $\delta^{34}\text{S}$ Панимбинского месторождения, что усложняет восприятие материала.

2. Не выполнен расчет равновесного флюида серы и углерода, что является важным параметром для оценки источников вещества гидротермальных растворов.

3. Не приведены диаграмма и таблица изотопного состава углерода углекислоты для Панимбинского и Богунайского месторождений.

4. В разделе 5.6 также не приведена диаграмма изотопного состава гелия для трех объектов.

5. В дополнение к уточнению источников флюидов используют изотопный состав кислорода в кварце. Почему этот наиболее распространенный метод не использовался в работе?

Раздел главы 5.7 приводятся результаты Ar-Ar датирования рудной минерализации по серицитам из кварцевых жил месторождений Богунайское и Панимбинское. Главным достижением работы является установление среднеордовикского и позднепротерозойского возраста минерализации Богунайского и Панимбинского месторождений и отнесения соискателем к тектономагматическим событиям на Енисейском кряже. По результатам исследований, изложенных в разделе 5.7 главы 5 сформулировано третье защищаемое положение:

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 кряжа (826 – 798 млн лет [Тишин и др., 2005; Сазонов и др., 2010]).

Замечаний к разделу нет.

Шестая глава содержит обсуждение полученных результатов, на базе собственных результатов соискателя и анализа работ предшественников, дано авторское представление об условиях формирования Богунайского, Герфедского и Панимбинского золоторудных месторождений. Глава является итоговой, где автором взаимоувязан весь полученный материал и используется сравнение с золоторудными месторождениями Енисейского кряжа. Замечаний к главе нет.

В заключении приводится обобщение основных результатов диссертационной работы.

Диссертационная работа объемом 214 страницы состоит из введения, шести глав, заключения и 267 библиографических ссылок. При этом, в **списке литературы** отсутствует нумерация.

Автореферат соответствует тексту диссертации. Защищаемые положения в тексте диссертации не привязаны к главам, а упоминаются лишь во введении.

Высказанные замечания следует рассматривать как рекомендации автору для дальнейших исследований. Они не снижают в целом высокую оценку работы, ее научную и практическую значимость. Все поставленные перед соискателем цели достигнуты и задачи решены. Защищаемые положения обоснованы надежно.

В целом, диссертационная работа Рябуха М.А. выполнена на высоком профессиональном уровне, является завершенной научно-квалификационной работой, отвечающей требованиям Положения ВАК о присуждении ученой степени кандидата геолого-минералогических наук. Содержание диссертации соответствует паспорту специальности 1.6.10 – геология, поиски и разведки твердых полезных ископаемых, минерагения, а ее автор, Мария Алексеевна Рябуха, заслуживает присвоения ученой степени кандидата геолого-минералогических наук.

Анисимова Галина Семеновна,

канд.геол.-минер.наук, ведущий научный сотрудник

лаборатории геологии и минералогии благородных металлов ИГАБМ СО РАН,

Адрес: 677980, г. Якутск, пр. Ленина, д. 39

E-mail: gsanisimova1952@mail.ru

Я, Анисимова Галина Семеновна, даю согласие на включение своих персональных данных в документы, связанные с работой диссертационного совета и их дальнейшую обработку

4 сентября 2023 г.

Кардашевская Вероника Николаевна

канд.геол.-минер.наук, научный сотрудник

лаборатории геологии и минералогии благородных металлов ИГАБМ СО РАН,

Адрес: 677980, г. Якутск, пр. Ленина, д. 39

E-mail: kardashevskaya92@mail.ru



Я, Кардашевская Вероника Николаевна, даю согласие на включение своих персональных данных в документы, связанные с работой диссертационного совета и их дальнейшую обработку

4 сентября 2023 г.

Кардашев

Подписи к.г.-м.н. Анисимовой Галины Семеновны и к.г.-м.н. Кардашевской Вероники Николаевны заверяю

Отзыв на диссертацию Рябуха М.А. рассмотрен и одобрен в качестве официального отзыва на расширенном заседании лаборатории геологии и минералогии благородных металлов Федерального государственного бюджетного учреждения науки Института геологии алмаза и благородных металлов Сибирского отделения Российской Академии Наук (ИГАБМ СО РАН) (протокол № 2 от 04.09.2023 г.)

Председатель,
и.о. зав. лабораторией,
с.н.с., к.г.-м.н.



М.В. Кудрин

Секретарь,
г.н.с., д.г.-м.н.



З.С. Никифорова



ЗАВЕРЯЮ	
Начальник ОДКИПСВК 	
Ф.И.О. <u>Масленников А.Н.</u>	
«04»	09 2023 г.
Федеральное государственное бюджетное учреждение науки Институт геологии алмаза и благородных металлов Сибирского отделения Российской академии наук (ИГАБМ СО РАН)	