

**ЗАКЛЮЧЕНИЕ ДИССЕРТАЦИОННОГО СОВЕТА 24.2.364.02,
СОЗДАННОГО НА БАЗЕ ФЕДЕРАЛЬНОГО ГОСУДАРСТВЕННОГО
БЮДЖЕТНОГО ОБРАЗОВАТЕЛЬНОГО УЧРЕЖДЕНИЯ ВЫСШЕГО
ОБРАЗОВАНИЯ «РОССИЙСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ
ГЕОЛОГОРАЗВЕДОЧНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ ИМЕНИ СЕРГО ОРДЖОНИКИДЗЕ»,
ПО ДИССЕРТАЦИИ НА СОИСКАНИЕ УЧЕНОЙ СТЕПЕНИ КАНДИДАТА НАУК**

аттестационное дело № _____
решение диссертационного совета 24.2.364.02
от 21.02.2023 года, протокол № 01/02/2023

**О присуждении Кудрину Максиму Васильевичу, гражданину Российской Федерации,
ученой степени кандидата геолого-минералогических наук.**

Диссертация «Структура, минералогия и условия образования орогенного золоторудного месторождения Хангалас, Яно-Колымский металлогенический пояс» по специальности 1.6.10 – Геология, поиски и разведка твердых полезных ископаемых, минерагения принята к защите 20 декабря 2022 года, протокол № 02/12/2022 диссертационным советом 24.2.364.02 (Д 212.121.04) созданным на базе Федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Российский государственный геологоразведочный университет имени Серго Орджоникидзе» (МГРИ) Министерства науки и высшего образования Российской Федерации 117997, г. Москва, ул. Миклухо-Маклая, д. 23 (приказ 105/нк от 11 апреля 2012 года).

Соискатель Кудрин Максим Васильевич, «26» апреля 1985 года рождения.

В 2008 году соискатель окончил Государственное образовательное учреждение высшего профессионального образования «Якутский государственный университет имени М.К. Аммосова» по направлению 130301 – Геологическая съемка, поиски и разведка твердых полезных ископаемых, минерагения с присвоением квалификации «Горный инженер» (диплом об окончании специалитета ВСГ 1738001 от 22.05.2008, рег. № 114).

Кудрин Максим Васильевич сдал все кандидатские экзамены. История и философия науки «Науки о Земле» – «хорошо», Иностранный язык «Науки о Земле» (английский язык) – «хорошо», кандидатского экзамена по специальности 1.6.10 – Геология, поиски и разведка твердых полезных ископаемых, минерагения, которой соответствует выполненная диссертация – «отлично».

С 2014 года работает научным сотрудником лаборатории геологии и минералогии

благородных металлов в Федеральном государственном бюджетном учреждении науки «Институт геологии алмаза и благородных металлов Сибирского отделения Российской академии наук».

Диссертация выполнена в лаборатории геологии и минералогии благородных металлов Федерального государственного бюджетного учреждения науки «Институт геологии алмаза и благородных металлов Сибирского отделения Российской академии наук».

Научный руководитель – доктор геолого-минералогических наук Фридовский Валерий Юрьевич, член-корреспондент РАН, профессор, директор Федерального государственного бюджетного учреждения науки «Институт геологии алмаза и благородных металлов Сибирского отделения Российской академии наук».

Официальные оппоненты:

Волков Александр Владимирович, доктор геолого-минералогических наук, член-корреспондент РАН, главный научный сотрудник, заведующий лабораторией «Геологии рудных месторождений» Федерального государственного бюджетного учреждения науки «Институт геологии рудных месторождений, петрографии, минералогии и геохимии РАН»;

Глухов Антон Николаевич, кандидат геолого-минералогических наук, старший научный сотрудник лаборатории петрологии, изотопной геохронологии и рудообразования Федерального государственного бюджетного учреждения науки «Северо-восточный комплексный научно-исследовательский институт им. Н.А. Шило Дальневосточного отделения Российской академии наук»;

дали положительные отзывы на диссертацию.

Ведущая организация Федеральное государственное бюджетное учреждение «Центральный научно-исследовательский геологоразведочный институт цветных и благородных металлов» (ФГБУ «ЦНИГРИ», г. Москва), с приглашением специалистов и сотрудников отдела минералогии и изотопной геохимии (протокол № 1/23 от 02 февраля 2023 г.) в своем положительном отзыве, подписанном начальником отдела минералогии и изотопной геохимии, доктором технических наук Кряжевым Сергеем Гавриловичем, ведущим научным сотрудником отдела минералогии и изотопной геохимии, кандидатом геолого-минералогических наук Двуреченской Светланой Степановной, и утверждённым генеральным директором Федерального государственного бюджетного учреждения «Центральный научно-исследовательский геологоразведочный институт цветных и благородных металлов», кандидатом геолого-минералогических наук Черных Александром

Ивановичем, указала, что по своей актуальности, новизне, научно-практической значимости диссертация Кудрина Максима Васильевича по теме «Структура, минералогия и условия образования орогенного золоторудного месторождения Хангалас, Яно-Колымский металлогенический пояс» соответствует требованиям, предъявляемым к диссертациям на соискание ученой степени кандидата наук согласно п. 9 Положения о присуждении ученых степеней, утвержденного Постановлением Правительства РФ от 24.09.2013 № 842, а сам автор Кудрин Максим Васильевич достоин присуждения искомой ученой степени кандидата геолого-минералогических наук по специальности 1.6.10 – Геология, поиски и разведка твердых полезных ископаемых, минерагения.

Соискатель имеет 51 опубликованную работу, в том числе по теме диссертации опубликовано 27 работ, из них в рецензируемых научных изданиях опубликовано 3 работы.

1. Фридовский В.Ю. Возраст золотого оруденения Яно-Колымского Металлогенического Пояса, Северо-Восток России: первые данные Re-Os изотопной геохронологии самородного золота / В.Ю. Фридовский, Н.А. Горячев, Р.Ш. Крымский, М.В. Кудрин, Б.В. Беляцкий, С.А. Сергеев // Тихоокеанская геология. – 2021. – Т. 40. – № 4. – С. 18-32. https://www.elibrary.ru/download/elibrary_46614757_27348458.pdf

2. Kudrin M.V. Hydrous ferric sulfate $\text{Fe}(\text{SO}_4)(\text{OH}) \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ from the supergene zone of the Khangalas gold deposit, Eastern Yakutia, Russia / M.V. Kudrin, N.V. Zayakina, V.Yu. Fridovsky, L.T. Galenchikova // Записки Российского минералогического общества. – 2020. – Т. 149. – № 3. – С. 126-141. https://www.elibrary.ru/download/elibrary_42995054_90547311.pdf

3. Kudrin M.V. Geochemistry and the form of "invisible" gold in pyrite from metasomatites of the Khangalas deposit, North-East of Russia / M.V. Kudrin, L.I. Polufuntikova, V.Yu. Fridovsky, V.V. Aristov, Ya.A. Tarasov // Arctic and Subarctic Natural Resources. – 2020. – Т. 25. – № 3. – С. 7-14. https://www.elibrary.ru/download/elibrary_44137200_29240853.pdf

Основные положения диссертации докладывались и обсуждались в рамках научных конференций различного уровня в том числе: шести Всероссийских научно-практических конференциях «Геология и минерально-сырьевые ресурсы Северо-Востока России» (ИГ АБМ СО РАН, СВФУ, Якутск, 2015, 2017, 2018, 2020, 2021, 2022), международных симпозиумах «The 2019 International Symposium on Low Temperature Mineralization (Институт геохимии КАН, Гуйян, Китай, 2019 г.) и «15th Quadrennial International Association on the Genesis of Ore Deposits Symposium» (IAGOD, Сальта, Аргентина, 2018 г.), 8-й Российской молодежной научно-практической школе с международным участием «Новое в познании процессов рудообразования» (ИГЕМ РАН, Москва, 2018 г.),

международной научно-практической конференции молодых ученых и специалистов памяти академика А.П. Карпинского (ВСЕГЕИ, Санкт-Петербург, 2017 г.).

В диссертации процент заимствования составляет – 0,0 %, цитирования – 6,11 %, самоцитирования – 8,19 %, оригинальности – 85,7 %.

На диссертацию и автореферат поступило 13 отзывов все положительные, из них 11 с замечаниями:

1. Ведущий научный сотрудник лаборатории геологии и минералогии благородных металлов Федерального государственного бюджетного учреждения науки «Институт геологии алмаза и благородных металлов. Сибирского отделения Российской академии наук», кандидат геолого-минералогических наук **Анисимова Галина Семеновна**, отмечает:

1) Выделение поздней Ag-кварцевой минеральной ассоциации по развитию единственного минерала акантита считаю неправомерным. Акантит может иметь и гипергенное происхождение.

2) В автореферате совершенно не освещен главный промышленный элемент – самородное золото, связанное с Au-полисульфидной минеральной ассоциацией. Нет никаких данных о его типоморфных особенностях: морфология, гранулометрия, химический состав, взаимоотношение с другими минералами.

2. Главный научный сотрудник лаборатории петрологии, изотопной геохронологии и рудогенеза Федерального государственного бюджетного учреждения науки «Северо-восточный комплексный научно-исследовательский институт им. Н.А. Шило Дальневосточного отделения Российской академии наук», доктор геолого-минералогических наук, академик Российской академии наук **Горячев Николай Анатольевич**, отмечает:

1) В таблицу схемы последовательности минералообразования для полноты картины следовало бы включить дорудные осадочный и метаморфогенный этапы, и пострудный гипергенный этап. Кроме того, насколько известно рецензенту, позднюю стадию полупрозрачного халцедоновидного кварца скорее всего надо выделять в качестве другого рудного этапа связанного с поздним этапом формирования серебро-сурьмяного оруденения в регионе (Гамянин, Горячев, 1988).

2) Непонятно какую минерализацию несет лево-сдвиговый этап D2.

3) В геолого-генетической модели не учтена роль скрытого гранитоидного массива, который выделяется по данным геофизики.

3. Директор Государственного унитарного предприятия Республики Саха (Якутия)

«Геологический информационный фонд Республики Саха (Якутия)», кандидат геолого-минералогических наук **Калашников Виталий Васильевич**, отмечает:

1) отсутствие сведений о глубинном строении территории и геофизических полях, что важно при построении модели месторождения и обосновании связи с магматическими процессами;

2) принятие за базовые построения геологической модели территории из информационного отчета поисковых работ (Куковский, 2006), а не из изданных Государственных геологических карт масштаба 1:200 000 (Зарубин и др., 2013), что повлекло поднятие верхней границы геодской свиты на уровень низов анизия, а следовательно внесло искажения в структурных построениях и не позволило диссертанту четко определить стратиграфический уровень выявленных взбросо-надвиговых структур

4. Заведующий кафедрой геологии и разведки месторождений полезных ископаемых Федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Санкт-Петербургский горный университет» доцент, доктор геолого-минералогических наук **Козлов Александр Владимирович**, отмечает:

1) На врезке к схеме геологического строения Хангаласского рудного узла (в правом верхнем углу рисунка) выделено две геолого-структурные области: Верхоянский складчато-надвиговой пояс и Иньяли-Дебинский синклинорий и зажаты между ними Кулар-Нерский террейн. При обосновании первого защищаемого положения автор отмечает, что «...Хангаласский рудный узел расположен в юго-восточной части Кулар-Нерского террейна центральной части Верхояно-Колымской складчатой области (Рисунок 1, врезка) (Тектоника..., 2001). Положение месторождений и проявлений Хангаласского рудного узла определяется продольными разрывными нарушениями в своде Нерского антиклинория...». Но раз этот террейн входит в состав Верхояно-Колымской складчатой области, а в его пределах выделяется Нерский антиклинорий, т.е. известно его геологическое строение, зачем нужен безликий в геологическом отношении термин «террейн». По крайней мере, следовало бы все выделяемые геологические блоки именовать в едином терминологическом ключе.

2) Автором выделены три деформационных этапа, которые характеризуются присущими им структурными парагенезисами, которые подробно рассмотрены в автореферате. Но этапы – это временные категории, однако из автореферата не понятно, на каком основании эти этапы выстроены в предлагаемой временной последовательности.

3) На рисунке 2 в условных обозначениях следовало бы указать не возраст подразделений, для этого достаточно индекса, а их литологию. Для разреза необходимо указать линейный масштаб, поскольку он не совпадает с масштабом расположенной выше

геологической схемы.

4) Представленная на рисунке 7 рений-осмиевая изохронна построена по двум точкам, что не позволяет считать полученный по этим данным возраст достоверным.

5. Старший научный сотрудник и исполняющая обязанности заведующего лаборатории петрологии, изотопной геохронологии и рудообразования Федерального государственного бюджетного учреждения науки «Северо-Восточный комплексный научно-исследовательский институт им. Н.А. Шило Дальневосточного отделения Российской академии наук, кандидат геолого-минералогических наук **Колова Елена Евгеньевна**, отмечает:

Сопоставляя результаты исследований по первому и второму положению, возникает противоречие, если «Золотое оруденение» образовалось на первом этапе, за которым следовали еще лево- и правосдвиговые движения, почему эти процессы не катаклазировали рудные минералы сопровождающие «Золотое оруденение»? На рисунке 5 все минеральные агрегаты имеют идиоморфный облик без признаков катаклаза. Не ясным остался вопрос времени формирования кварц-карбонат-сульфосольной и сербро-кварцевой ассоциации с халцедоновидным кварцем относительно выделенных деформационных этапов. Как в целом, не ясным осталось, что автор из определенных им четырех этапов минералообразования и пяти парагенетических ассоциаций подразумевал под «золотоносным оруденением».

Второе защищаемое положение, к сожалению, в отличие от первого, в автореферате приведено крайне сжато и недостаточно иллюстрировано, что не позволяет оценить корректность сделанных автором выводов о золотоносности мышьяксодержащего пирита, тем более, подтвердить справедливость суждения о структурно-связанной форме «невидимого» золота в нем. Приведенные автором бинарные корреляционные диаграммы предложенные (Reich et.al., 2005) во-первых, не могут сами по себе быть доказательством структурно-связанной формы «невидимого золота», во-вторых автором они приведены некорректно. М. Reich в своей работе данные диаграммы использует как иллюстрацию эксперимента определения предельных концентраций и характера включений золота в пирите, золотоносный арсенопирит им использован как крайняя граница содержания As, содержания компонентов он приводит в мол.%, а не г/т (log), так же он работал с химическими составами пиритов полученными методами электронной микроскопии (SIMS, EMP A и HRTEM), а не LA-ICP-MS. Стоит отметить, что автор в диссертационной работе приводит 511 результатов анализов химического состава пиритов полученных на электронном сканирующем микроскопе JEOL JSM-6480L V, и не в одном из них не установлено наличие золота. При этом вывод о структурно

связанной форме золота сделан, основываясь на 9 анализах, которые в диссертации сведены в таблицу и не сопровождаются графическими изображениями профилей зондирования, фотографиями участков исследования в обратно-рассеянных электронах и картами распределения элементов. Поскольку тезис о структурно-связанной форме золота вынесен в защищаемые положения, то необходимы были и структурные исследования пиритов, которые автором проведены не были. Выражаю надежду, что при защите диссертации этот доказательный материал он продемонстрирует в презентации.

Странным выглядит полное отсутствие в автореферате характеристики самородного золота, хотя работа посвящена золоторудному месторождению. Также выражаю надежду, что автор при защите уделит этому аспекту внимание.

Что касается третьего защищаемого положения, на мой взгляд, в нем совместили плохо совмещающиеся факты (физико-химические условия образования кварца, возраст самородного золота и источники серы и кислорода) каждый из которых заслуживает отдельно защищаемого положения.

Большим достижением является определение возраста самородного золота методом Re-Os изотопного анализа, и хотя полученный возраст в целом близок к возрасту формирования орогенных золоторудных месторождений Кулар-Нерского террейна, но было получено всего 4 результата, и только по 2, построена изохронна, что само по себе является некорректным и нуждается в подтверждении, в том числе и другими методами определения как абсолютного, так и относительного возраста руд.

Вывод автора об однородной, глубинной термальной системе, которая сформировала оруденение по 4 анализам изотопного состава кислорода, во-первых противоречит выводам сделанным по анализу, во-вторых, представляется расширенных исследований.

Данные изотопии серы и благородных газов, без учета малого количества анализов, в какой-то мере дополняют друг друга и в целом не несут значительной роли при построении геолого-генетической модели формирования, тем более при разработке прогнозно-поисковых критериев.

Вывод автора о малой глубине образования руд на основе только расчетного давления флюидной системы весьма сомнительно и противоречиво. В данном случае необходимо понимать, во-первых что методы ТБГ изучают индивидуальные флюидные включения в кварце, а значит нужно говорить об условиях роста кварца, во-вторых данные о температурах фазовых переходов определяются напрямую, а давление является расчетным критерием осуществляемым разными методами с использованием взаимосвязанных параметров, что не исключает систематическую ошибку. Корректней,

для оценки глубины образования руд, все же применять комплекс методов, таких как геохимия, термодинамическое моделирование, минеральная термобарометрия.

6. Старший научный сотрудник лаборатории петрологии, изотопной геохронологии и рудообразования Федерального государственного бюджетного учреждения науки «Северо-Восточный комплексный научно-исследовательский институт им. Н.А. Шило Дальневосточного отделения Российской академии наук, кандидат геолого-минералогических наук **Михалицына Татьяна Ивановна**, отмечает:

1) Как правило, месторождения, формирующиеся в осадочных толщах, характеризуются рядом специфических особенностей, в том числе факторами рудоконтроля, одним из которых является структурно-тектонический. Данный фактор напрямую связан с литологическим составом вмещающих пород, о которых практически ничего не сказано в автореферате. Мезозойские осадочные породы месторождения Хангалас представлены различными литотипами – песчаниками (более хрупкие породы), и алевролитами (более пластичные и слабопроницаемые породы).

На стр. 18 автореферата перечислены прогнозно-поисковые критерии, в том числе и литологические. Возникает вопрос – как влияет литологический состав пород на структуры Хангаласского рудного узла?

2) Второе защищаемое положение. Выделено пять парагенетических ассоциаций гидротермального минералообразования, но нет описания рудосопровождающих метасоматитов, содержащих сингенетическое вкрапленное оруденение; также отсутствует характеристика и дорудных гидротермально-метасоматических преобразований рудовмещающих пород. Вопрос, какими метасоматическими изменениями рудовмещающих пород сопровождаются выделенные минеральные ассоциации?

3) На взгляд рецензента, недостаточно аргументирован вывод о малоглубинности формирования золоторудного месторождения Хангалас (0,18-0,41 кбар), основанный исключительно на результатах изучения флюидных включений в кварце. Вероятно, в совокупности с минералого-геохимическими критериями данное утверждение могло быть более убедительным.

Большинство исследователей отмечают (Злобина и др., 2017), что орогенные гидротермальные месторождения золота мезотермального типа являются относительно высокобарическими (1-3 кбар; Наталка Р 1,2-2,4 кбар (Горячев и др., 2008); Павлик – вариации давления от 2,5 до 0,5 кбар (Савчук и др., 2018)).

7. Проректор по науке и инновациям Федерального государственного автономного образовательного учреждения высшего образования «Северо-Восточный федеральный университет им. М.К. Аммосова», кандидат геолого-минералогических наук **Соловьев**

Евгений Эдуардович, отмечает:

В прогнозных построениях желательно было бы использовать материалы предшественников о существовании скрытого массива по геофизическим данным и отразить её в предлагаемой модели.

8. Декан Геологоразведочного факультета Федерального государственного автономного образовательного учреждения высшего образования «Северо-Восточный федеральный университет им. М.К. Аммосова», кандидат геолого-минералогических наук **Третьяков Максим Феликсович**, отмечает:

К сожалению, в тексте автореферата отмечается ряд замечаний, которые, возможно, связаны с форматом автореферата. В частности, ко второму защищаемому положению желательно было бы представить таблицу средних химических составов и основных параметров пиритов и арсенопиритов по генерациям, которая проиллюстрировала бы как наличие избытка/дефицита отдельных элементов, так и нестехиометричность составов золотоносных сульфидов. Целью работы является разработка прогнозно-поисковых критериев золотого оруденения, но, к сожалению, этому аспекту в автореферате не уделено достаточного внимания.

9. Старший научный сотрудник лаборатории геологии рудных месторождений имени академика А.Г. Бетехтина Федерального государственного бюджетного учреждения науки «Институт геологии рудных месторождений, петрографии, минералогии и геохимии Российской академии наук», кандидат геолого-минералогических наук **Тюкова Евгения Эрастовна**, отмечает:

Положительно оценивая результаты проведенного исследования, следует отметить ряд недостатков и упущений в автореферате. Так, структурным исследованиям, охарактеризованным в диссертации очень детально и всесторонне, в автореферате уделено мало внимания – главным образом, результатам их обработки статистическими методами. К минералогической характеристике руд в автореферате также есть ряд мелких вопросов. Так, например, описание руд начинается с разновидности Ру3, куда при этом делись Ру1 и Ру2 – непонятно; не приведен состав макрокомпонентов арсенопирита (отношение As/S) ни в одной из генераций и т.п. В тоже время, все эти вопросы снимаются при прочтении самой диссертационной работы.

10. заместитель директора по научной работе Федерального государственного бюджетного учреждения науки «Институт геологии рудных месторождений, петрографии, минералогии и геохимии Российской академии наук», кандидат геолого-минералогических наук **Устинов Степан Андреевич**, отмечает:

М.В . Кудриным установлено широкое развитие гипергенных процессов и

линейного корообразования, обнаружены два неизвестных ранее минерала, построена модель вторичного минералообразования. При этом остаётся нерешенным вопрос о наличии золотоносности в корах выветривания.

11. Научный сотрудник лаборатории Структурной петрологии Федерального государственного бюджетного учреждения науки «Института геологии и минералогии им. В.С. Соболева Сибирского отделения Российской академии наук», кандидат геолого-минералогических наук **Хусаинова Альфия Шамилевна**, отмечает:

1) При анализе золотоносности «невидимого» золота изучалась только метасоматическая пирит-арсенопиритовая ассоциация или другие тоже?

2) В золото-полисульфидной ассоциации выделено самородное золото. Какой оно морфологии, химического состава, пробности? Не до конца понятно, с чем ассоциирует самородное золото? Сколько генераций золота выделяется?

3) Если рассматривать бинарные диаграммы (рис. 6), получается, что золото замещает As в структуре арсенопирита? Так ли это и чем подтверждено?

4) В схеме минералообразования и в тексте автореферата отмечены генерации пирита Pu_3 и Pu_4 , нет пояснений, что из себя представляют и где находятся генерации пирита Pu_1 и Pu_2 ? Это заставляет домысливать читателя.

5) В заключении автор утверждает, что была построена модель вторичного минералообразования. Хотя в тексте автореферата отмечен один небольшой абзац об этом, который никак не поясняет и не раскрывает особенность гипергенных процессов.

Отзывы без замечаний прислали:

1. Главный научный сотрудник лаборатории геологии и минералогии благородных металлов Федерального государственного бюджетного Учреждения науки Института геологии алмаза и благородных металлов Сибирского отделения Российской академии наук, доктор геолого-минералогических наук **Никифорова Зинаида Степановна**.

2. Ведущий научный сотрудник лаборатории стабильных изотопов Федерального государственного бюджетного учреждения науки «Дальневосточный геологический институт Дальневосточного отделения Российской академии наук», кандидат геолого-минералогических наук **Веливецкая Татьяна Алексеевна**.

Диссертационный совет отмечает, что на основании выполненных соискателем исследований:

разработана новая геолого-структурная и вещественно-генетическая модель формирования золотого оруденения месторождения Хангалас, образовавшегося в начале раннего мела (около 137 млн лет назад, валанжин) в ходе позднеорогенных процессов, позволившая выявить качественно новые закономерности структурно-вещественной

эволюции рудовмещающих систем в контексте развития аккреционно-коллизионных процессов на восточной окраине Сибирского кратона;

предложены новые данные о структурно-кинематическом развитии, стадийности и условиях гидротермального и гипергенного рудообразования, и прогнозно-поисковых критериях золотого оруденения месторождения Хангалас;

доказаны проявление на месторождении Хангалас нескольких деформационных событий, связанных с аккреционно-коллизионным развитием Кулар-Нерского террейна; образование оруденения на этапе D1 при региональной юго-запад–северо-восточной ориентировке оси сжатия; развитие ранней метасоматической пирит-арсенопирит-кварцевой, жильной пирит-арсенопирит-кварцевой, золото-полисульфидно-кварцевой, сульфосольно-карбонатной и поздней серебро-кварцевой парагенетических ассоциаций гидротермального минералообразования; формирование оруденения на малых глубинах, в среднетемпературных условиях с участием низкоконцентрированных глубинных магматических флюидов в валанжинское время (около 137 млн лет назад) в связи с позднеорогенными процессами в Кулар-Нерском террейне.

Теоретическая значимость исследования обоснована тем, что:

доказано наличие вкрапленной сульфидной минерализации со структурно-связанным «невидимым» золотом в пирите-3 и арсенопирите-1 нестехиометрического состава и перспективы увеличения промышленного потенциала месторождений золото-кварцевого типа;

применительно к проблематике диссертации результативно (эффективно, то есть с получением обладающих новизной результатов) **использован** комплекс методов исследований, включающий: документацию линейных и плоскостных деформационных элементов в естественных обнажениях и горных выработках; отбор образцов и проб горных пород, руд и минералов; изучение текстурно-структурных особенностей в отраженном и проходящем свете на оптическом микроскопе Karl Zeiss Axio M1; анализ вещественного состава минералов и руд на электронном сканирующем микроскопе JEOL JSM-6480LV, рентгеноспектральном микроанализаторе Camebax-Micro, лазерной абляционной системе LA-ICP-MS с New Wave Research UP-213 и дифрактометре D2 PHASER; изучение изотопного состава благородных газов – аргона, гелия и неона в газовой-жидких включениях с помощью масс-спектрометра Micromass NG 5400; определение содержания Au и Ag методом атомно-абсорбционной спектроскопии с электротермической атомизацией на спектрометре iCE 3500 ThermoScientific; данные компьютерных микротомографических исследований пирита и арсенопирита на микротомографе Bruker SkyScan-1172; показатели измерений $\delta^{34}\text{S}$ сульфидов и $\delta^{18}\text{O}$ кварца; микротермометрические исследования

флюидных включений в кварце при помощи микротермокамеры THMSG-600 фирмы «Linkam»; результаты Re-Os изотопно-геохронологических исследований методом изотопного разбавления с масс-спектрометрическим анализом рения на одно-коллекторном масс-спектрометре с индукционно-связанной плазмой Agilent 7300 и осмия в отрицательно-заряженных ионах на твердофазном многоколлекторном масс-спектрометре;

изложены три защищаемых положения:

1. Строение месторождения Хангалас определяется позднеюрско-меловыми структурными парагенезами трех последовательных деформационных этапов: взбросо-надвигового D1, левосдвигового D2 и правосдвигового D3. Золотое оруденение образовалось на этапе D1 при региональной юго-запад–северо-восточной ориентировке оси сжатия.

2. На месторождении выделены пять последовательных парагенетических ассоциаций гидротермального минералообразования: ранняя метасоматическая пирит-арсенопирит-кварцевая, жильные пирит-арсенопирит-кварцевая, золото-полисульфидно-кварцевая, сульфосольно-карбонатная и поздняя серебро-кварцевая. В околорудных метасоматитах установлен вкрапленный тип минерализации с золотоносными пиритом-3 и арсенопиритом-1, имеющими нестехиометрический состав. В пирите-3 с избытком Fe и недостатком S концентрация структурно-связанного Au⁺ прямо пропорциональна его мышьяковистости.

3. Гидротермальное золотое оруденение месторождения Хангалас формировалось на малых глубинах, в среднетемпературных условиях с участием низкоконцентрированных глубинных магматических флюидов в валанжинское время (около 137 млн лет назад) в связи с позднеорогенными процессами в Кулар-Нерском террейне;

раскрыты структурные особенности, последовательность формирования структурных элементов, вещественный состав руд и стадийность минералообразования, золотоносность вкрапленной и жильной минерализации, природа и форма нахождения «невидимого» золота в сульфидах, РТХ-параметры рудообразования и источники рудного вещества и флюидов, участвовавших в формировании золотого оруденения месторождения, проявление гипергенной минерализации;

изучены полиэтапные рудоконтролирующие и пострудные тектонические структуры, минералого-геохимические, изотопно-геохимические, изотопно-геохронологические характеристики жильно-прожилкового и вкрапленного золотого оруденения месторождения Хангалас;

Значение полученных соискателем результатов исследования **для практики** подтверждается тем, что:

разработаны и внедрены закономерности размещения, условия формирования и прогнозно-поисковые критерии золотого оруденения месторождения Хангалас;

определены золотоносность вкрапленной сульфидной минерализации околорудных метасоматитов, природа и форма нахождения «невидимого» золота в сульфидах, что может значительно увеличить запасы золота месторождения Хангалас, а также повысить эффективность ведения прогнозно-поисковых работ для наращивания минерально-сырьевых ресурсов рудного золота на Северо-Востоке Якутии;

создана геолого-генетическая модель формирования золотого оруденения месторождения Хангалас;

представлены основания для повышения эффективности поисков, оценки и освоения золото-сульфидно-кварцевых месторождений.

Оценка достоверности результатов аналитических исследований выявила, что диссертационная работа основана на результатах, полученных на сертифицированном современном оборудовании ведущих научно-практических лабораторий России (ИГАБМ СО РАН, ФГБУ ВСЕГЕИ, ДВГИ ДВО РАН, СВКНИИ ДВО РАН, СПбГУ, ИМ УРО РАН, ИТиГ ДВО РАН).

Теория построена на известных, проверяемых данных, фактах, согласуется с опубликованными данными по теме диссертации.

Идея базируется на представительном фактическом материале, использовании современных прецизионных методов анализа вещества, апробации исследований на международных и Всероссийских конференциях, а также публикации статей в изданиях, рекомендованных ВАК РФ.

Использованы вновь полученные результаты, не противоречащие существующим представлениям об условиях формирования и размещения орогенных золоторудных месторождений, и конкретизируют их для района месторождения Хангалас..

Использованы традиционные структурно-кинематические и минералого-геохимические, а также современные прецизионные, включая изотопные, методы исследований на представительном материале.

Личный вклад соискателя состоит в непосредственном участии соискателя на всех этапах исследований, включая многолетние полевые работы (2005, 2014, 2017-2019 годы) и последующую статистическую обработку полученных материалов, в том числе, интерпретацию аналитических данных. Полученные лично М.В.Кудриным научные результаты являются оригинальными. Задачи, поставленные в диссертации, и сделанные выводы также принадлежат лично автору.

В ходе защиты диссертации были высказаны некоторые не принципиальные

