

ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ
УЧРЕЖДЕНИЕ НАУКИ

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

Просп. Ленина, д. 39, Якутск, 677000
Факс (4112) 33-57-08
Телефон (4112) 33-58-64
E-mail: igabm@bk.ru
<http://www.diamond.ysn.ru>

УТВЕРЖДАЮ
И.о.директора ИГАБМ СО РАН
кандидат геол.-мин. наук,
Е.Е.Лоскутов



6 октября 2022 г.

06.10.2022 № 304-05-18/366

на № _____ от _____

ОТЗЫВ ВЕДУЩЕЙ ОРГАНИЗАЦИИ

на диссертационную работу Шапаренко Елены Олеговны «Физико-химические условия формирования золоторудных месторождений Благодатное и Доброе (Енисейский кряж)», представленную на соискание ученой степени кандидата геолого-минералогических наук по специальности 1.6.10 – геология, поиски и разведка твердых полезных ископаемых, минерагения.

Представленная Шапаренко Е.О. диссертационная работа посвящена изучению физико-химических условий образования двух месторождений Енисейского кряжа золото-кварцевой малосульфидной формации – Благодатное и Доброе, с различными запасами золота 340 т и 10 т, соответственно.

Диссертационная работа объемом 201 страница состоит из введения, 5 глав, заключения и 124 библиографических ссылок. В ней содержится 27 рисунков, 10 таблиц и 28 приложений.

Актуальность темы и цели исследования.

Красноярский край является крупнейшим золотодобывающим регионом России, известным месторождениями Советское и Олимпиада Енисейского кряжа. Золоторудные месторождения относятся к орогенному типу, одному из ведущих типов большеобъемного оруденения в мировой добыче. Установление физико-химических условий формирования месторождений – определение температуры, давления и состава минералообразующих растворов (флюидов) важно для понимания процессов формирования месторождений золота и установления закономерностей их распределения в земной коре. Применение усовершенствованных традиционных методов термобарогеохимии и новых, более точных методик позволяет получить достоверные данные о составе рудообразующего флюида и условиях его кристаллизации. Актуальность темы диссертации не вызывает сомнений. Поставленные автором диссертации основные цели были успешно решены.

Научная новизна и практическая значимость.

Получены оригинальные данные: температуры, давления и составы растворов, сформировавших кварцево-жильные зоны золоторудных месторождений Благодатное и Доброе, дополняющие ранее известные сведения. Впервые определен состав летучих во флюидах изученных объектов методом газовой хромато-масс спектрометрии, что

позволило более детально рассмотреть физико-химические условия формирования. Впервые установлено присутствие в золотоносных флюидах широкого ряда углеводородов и их производных.

Результаты исследований автора вносят вклад в фундаментальные представления о параметрах минералообразующих флюидов на золоторудных месторождениях орогенного типа, необходимых при составлении целостной модели образования месторождений золота. Установленные особенности физико-химических условий формирования изученных объектов, безусловно, будут востребованы при поисках и оценке новых месторождений и рудопроявлений.

Фактический материал и методы исследований.

Каменный материал (120 образцов из скважин и карьеров) с месторождений Благодатное и Доброе предоставлен диссертанту д.г.-м.н. Сазоновым А.М. (Сибирский Федеральный Университет, г. Красноярск). Кроме традиционных методов при выполнении исследования был применен комплекс современных методик для всестороннего детального изучения включений минералообразующих сред, такие как, газовая хромато-масс-спектрометрия для исследования валового состава летучих во флюиде, а также изотопно-геохимические методы ($^3\text{He}/^4\text{He}$, $\delta^{34}\text{S}$, $\delta^{13}\text{C}$) для установления источника флюидов.

Личный вклад автора. Автором лично проанализировано более 120 пластинок и шлифов, проведены микротермометрические измерения, расчет флюидного давления во включениях, рамановский и газово-хромато-масс-спектрометрические анализы флюида и их интерпретация. Массив использованной аналитической информации включает более 500 микротермометрических измерений, свыше 30 изотопных определений, 200 анализов состава индивидуальных включений методом рамановской спектроскопии, а также 27 газово-хромато-масс-спектрометрических исследований валового состава газовой фазы флюидных включений.

Основные результаты работы докладывались на различных российских и международных конференциях: X Международная Сибирская конференция молодых ученых по наукам о Земле (Новосибирск, 2022), Новое в познании процессов рудообразования: Российская молодёжная научно-практическая Школа с международным участием (Москва, 2013, 2018, 2019, 2021), Современные европейские исследования флюидных и расплавных включений e-CROFI (онлайн, 2021), Всероссийская молодежная конференция «Строение литосферы и геодинамика» (Иркутск, 2019, 2021), II молодежная научно-образовательная конференция ЦНИГРИ (Москва, 2021), 15-я биеннале SGA (Великобритания, Шотландия, 2019), IX Сибирская конференция молодых ученых по наукам о Земле (Новосибирск, 2018), Международная студенческая конференция МНСК (Новосибирск, 2013, 2015). По результатам работ опубликовано 18 работ, из них 5 статей в российских и зарубежных рецензируемых журналах, рекомендованных ВАК.

В первой главе дается краткое описание Енисейского кряжа и геолого-минералогическая характеристика месторождений Благодатное и Доброе.

Замечания к главе:

1. Недостаточно полно дана минералогия Благодатного месторождения, характеризующегося более разнообразным минеральным составом руд.
2. В описании стадийности минералообразования месторождений была бы уместна схема последовательности, которая могла бы четко определить минеральный состав каждой стадии (в рудной стадии нет упоминания арсенопирита, леллингита)

3. Довольно скудно (1 абзац) описан основной промышленный минерал – самородное золото. Упоминается о присутствии золота в арсенопирите, но не приводится в каком состоянии и содержании. Чем объясняется различная дисперсия пробности самородного золота описываемых месторождений?

4. В приложении 1 приведена таблица «Результаты микрорентгеноспектрального анализа сульфидов, арсенидов, углеродистых частиц и золота из кварцевых жил Благодатного золоторудного месторождения», в которой по-нашему мнению было бы удобнее систематизировать данные по отдельным минералам, что позволило бы наглядно показать распределение в них примесей.

5. В тексте результаты микрорентгеноспектрального анализа не обсуждаются, в том числе устойчивое присутствие примеси селена в сульфидах.

6. Нет итогового сравнения минерального состава и характеристики самородного золота, хотя эти данные могли бы пролить свет на причину различия в запасах описываемых месторождений.

Вторая глава посвящена подробной характеристике широкого спектра, использованных в работе оптических и аналитических методов, выполненных на современных приборах в лабораториях ИГМ СО РАН (г. Новосибирск), в лаборатории геохронологии и геохимии изотопов Геологического института Кольского НЦ ГАИ (г. Апатиты) и в ЦКП Многоэлементных и изотопных исследований СО РАН. Замечаний к главе нет.

Третья глава посвящена физико-химическим условиям формирования месторождений Благодатное и Доброе и является ключевой и самой объемной главой диссертации. Результаты термо- и криометрических исследований флюидных включений в кварце предрудной, рудной и пострудной стадии формирования сведены в таблицы, сопровождаются диаграммами, наглядно демонстрирующими различия разновременных флюидов. Применение современной методики газовой хромато-масс-спектрометрии позволило автору получить данные по составу газовой фазы, дополняющей результаты рамановской спектроскопии широким спектром бескислородных и кислородсодержащих углеводородов, азот-, серо- и галогенсодержащих соединений и сделать ряд важных выводов, имеющих практическое значение при определении золотоносных и незолотоносных минеральных ассоциаций.

Итоги исследований данной главы служат обоснованием двух защищаемых положений:

1. *Кварцево- жильные зоны золоторудных месторождений Благодатное и Доброе сформированы гидротермальными растворами в интервале температур 180 – 360 °С, давлений – 0.2 – 2.6 кбар и солёности от 1.5 до 16.5 мас. % (NaCl-экв.), характерных для золотого оруденения Енисейского кряжа.*

2. *Минералообразующие флюиды содержали H₂O, CO₂, углеводороды и кислородсодержащие органические соединения, S-, N- и галогенсодержащие соединения. Два типа флюида принимали участие в формировании кварцево-жильных зон месторождений Благодатное и Доброе: водно-углекислотный и углекислотно-углеводородный. Золотоносные ассоциации были сформированы более восстановленными углекислотно-углеводородными флюидами.*

Замечаний к главе нет.

В четвертой главе приводятся результаты исследований источников рудоносных флюидов. Небольшая по объему глава (8 страниц) достаточно информативна и основана на большом фактическом материале. Для установления источника рудоносных флюидов, в работе был применен комплекс изотопно-геохимических методов, таких как: определение

изотопного состава серы сульфидов ($\delta^{34}\text{S}$), изотопного состава гелия ($^3\text{He}/^4\text{He}$) и изотопного состава углерода углекислоты ($\delta^{13}\text{C}$) флюидных включений. На основании полученных результатов сформулировано третье защищаемое положение:

Изотопный состав гелия ($^3\text{He}/^4\text{He}=0.14\pm 0.3$), серы сульфидов ($\delta^{34}\text{S}=1.9-20.1$) и углекислоты во флюидах ($\delta^{13}\text{C}= -2.8\ldots -20.9$), сформировавших месторождения Благодатное и Доброе, указывают на коровый источник минералообразующих флюидов.

В качестве замечания отметим недостаточную обоснованность, безусловно верного вывода о полистадийном поступлении рудного вещества. Скудность минералогического изучения не позволила автору увязать этот вывод со стадийностью рудного процесса (из сведений первой главы следует, что золотое оруденение было сформировано в одну стадию).

Пятая глава затрагивает важный вопрос возраста золоторудных месторождений, позволяющий сопоставить время формирования оруденения с тектоно-магматическими событиями в регионе. Автором определен Ar-Ar возраст мусковита из сланцев локальных зон динамотермального метаморфизма рудного поля месторождения Благодатное (798.6 ± 6.2 и 735.7 ± 5.9 млн лет), согласующийся и дополняющий полученные ранее данные о возрасте формирования рудной минерализации (754-698 млн лет, Rb-Sr) [Сазонов и др., 2003]. Сформулированный вывод доказывает длительное функционирование гидротермальных систем месторождения Благодатное, приведших к формированию богатых рудных залежей.

В заключении приводится обобщение основных результатов диссертационной работы.

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

Отмеченные в отзыве замечания не влияют на оценку работы, а скорее всего, являются пожеланиями для дальнейших исследований в данном направлении.

В целом, диссертационная работа Шапаренко Е.О. выполнена на высоком профессиональном уровне, является законченным научным исследованием и отвечает квалификационным требованиям Положения ВАК о присуждении ученой степени кандидата геолого-минералогических наук. Содержание диссертационной работы соответствует паспорту специальности 1.6.10. – геология, поиски и разведка вердых полезных ископаемых, минерагения, а ее автор – Шапаренко Е.О., несомненно, заслуживает присуждения ученой степени кандидата геолого-минералогических наук.

Анисимова Галина Семеновна

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

лаборатории геологии и минералогии месторождений

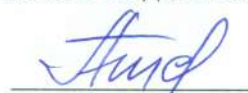
благородных металлов ИГАБМ СО РАН

Адрес: 677980, г.Якутск, пр.Ленина, 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.

«6» октября 2022 г.



Кондратьева Лариса Афанасьевна
канд.геол.-мин.наук, старший научный сотрудник
лаборатории геологии и минералогии месторождений
благородных металлов ИГАБМ СО РАН
Адрес: 677980, г.Якутск, пр.Ленина, 39
e-mail: lkon12@yandex.ru

Я, Кондратьева Лариса Афанасьевна, даю согласие на включение своих персональных данных в документы, связанные с работой диссертационного совета и их дальнейшую обработку.

«6» октября 2022 г.



Подписи к.г.-м.н. Анисимовой Галины Семеновны и к.г.-м.н. Кондратьевой Ларисы Афанасьевны заверяю



Отзыв на диссертацию Шапаренко рассмотрен и одобрен в качестве официального отзыва на заседании Ученого совета Федерального государственного бюджетного учреждения науки Институт геологии алмаза и благородных металлов Сибирского отделения Российской академии наук (ИГАБМ СО РАН) (протокол №13/22 от 6 октября 2022 года).

И.о. председателя Ученого совета ИГАБМ СО РАН,
к.г.-м.н.



А.В.Прокопьев

Ученый секретарь ИГАБМ СО РАН,
к.г.-м.н.



Е.Е. Лоскутов