

ОТЗЫВ

официального оппонента на диссертацию

Рябухи Марии Алексеевны

на тему: **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, представленной на соискание ученой степени кандидата геолого-минералогических наук.

Диссертационная работа Рябухи М.А. представлена в виде рукописи на 153 страницах (213стр. с текстовыми приложениями) и сопровождается 34 иллюстрациями и 42 таблицами. Список литературы включает 269 источников.

Актуальность темы не вызывает сомнений, поскольку вопросы генезиса золоторудных месторождений в регионе на протяжении более полувека продолжают оставаться в фокусе внимания исследователей и широко обсуждаются в научной литературе. В настоящее время в рудной геологии активно дискутируется вопрос об источнике и генезисе золота на “орогенных месторождениях”. Всестороннее исследование золотоносных флюидов для решения данного вопроса являются весьма актуальным. Для решения проблемы связи орогенного золота в метаморфических комплексах с корообразующими процессами – магматизмом, метаморфизмом, гранитизацией весьма информативно и также актуально изучение изотопных характеристик газов флюидных систем и серы рудных минералов, а также определение возраста процессов рудообразования. Все это реализовано в представленной работе.

Выбор объектов исследования - месторождений Богунаевское, Герфед и Панимбинское, весьма удачен, поскольку дает возможность рассмотреть изменчивость условий формирования и возраста золотого оруденения для разных рудных районов Енисейского кряжа.

Достоверность и новизна исследований определяется тем, что диссертационная работа базируется на представительном фактическом материале. Поставленные в диссертации задачи решались с привлечением современных методов исследования. Весь объем аналитических работ выполнен в авторитетных аналитических центрах.

Степень обоснованности защищаемых положений.

Работа состоит из 6 глав, которые раскрывают существо исследования. В первой главе представлен обзор проблемы генезиса «орогенных месторождений золота». Рас-

смотрены результаты работ зарубежных исследователей по проблеме и труды российских ученых по геологии и генезису золоторудных месторождений Енисейского края.

Во второй главе - «Методика исследования», описаны методы исследований применяемые при решении поставленных в работе задач. Глава написана лаконично и в полной мере дает представление о возможностях и условиях применения того или иного метода.

В третьей главе автор дает краткую геолого-минералогическую характеристику Богунайского, Герфедского и Панимбинского месторождений. На взгляд оппонента, раздел дан излишне кратко. Как минимум, по каждому из месторождений желательно было привести типовые геологические разрезы и развернутую характеристику стадийности минералообразования. Приведенная в разделе геолого-структурная схема размещения месторождений и рудопроявлений в Герфедском рудном поле (Ли, Нелюбов, 1970) мало информативная и явно устаревшая. На месторождении Герфед, в настоящее время завершена разведка и ведется эксплуатация, а современные геологические материалы доступны в опубликованной литературе и геологических фондах. К сожалению, для данного месторождения не приводится графическая иллюстрация структурных взаимоотношений жилы Магистральной и оперяющих жил. Это имеет принципиальное значение для характеристики стадийности рудообразования и решения вопросов генезиса кварцитов жилы Магистральная и кварца оперяющих жил.

Четвертая глава посвящена характеристике флюидных включений. Последовательно рассмотрены флюидные включения в кварце всех изучаемых месторождений, проведены их визуальное описание и типизация.

Не совсем понятно, почему эта часть работы выведена в отдельную главу. По существу и содержанию это подраздел главы «Результаты исследований», где он должен предшествовать подразделу «Температура и давления минералообразования».

В пятой главе «Результаты исследований» изложен фактический материал для обоснования защищаемых положений. Приводятся данные микротермических исследований включений в кварце всех изучаемых объектов. Показаны результаты изучения изотопов гелия, углерода во флюидных включениях и серы в минералах, а также данные определения возраста оруденения с использованием Ag-Ag датирования по серицитам из рудных зон месторождений.

В шестой главе «Обсуждение полученных результатов» дана интерпретация фактического материала, проведен сравнительный анализ данных с результатами аналогичных исследований по другим золоторудным месторождениям Енисейского края и, по существу, сформулированы защищаемые положения.

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 0.2-3.3 кбар из гомогенных и гетерогенных гидротермальных флюидов, состоящих из H₂O, CO₂, алифатических, циклических и кислородсодержащих углеводородов, а также азот-, серо- и галогенсодержащих соединений, базируется на результатах микротермических и газохроматографических исследований. Выводы сформулированные в положении в целом обоснованы.

Однако, на взгляд оппонента, данное положение сфокусировкой на выделение общих черт, тогда как из фактических материалов (см. рис. 1, рис. 2 автореферата) видны существенные различия в составе флюидов в кварце и сульфидах. Резко выделяется Богунайское месторождение по узости спектра газов во включениях в кварце и преобладанием в составе газов воды - в 6 раз больше чем на Герфедском и в 30 раз больше чем на Панимбинском. Это очень интересные данные, имеющие серьезное прогнозно-поисковое значение.

Обоснованием **второго защищаемого положения** послужили определения изотопного составов гелия во флюидных включениях и серы сульфидов изучаемых золоторудных месторождений. Для месторождений установлены следующие вариации отношения $^3\text{He}/^4\text{He}$: на Богунайском отношения $^3\text{He}/^4\text{He}$ во флюидных включениях в кварце из пород и руд составляют $(0.37 \pm 0.07) \cdot 10^{-6}$ и $(0.05 \pm 0.02) \cdot 10^{-6}$, соответственно, что свидетельствует о низкой доле мантийного гелия (^3He) - 2.9 % и 0.25 %; на Герфедском – отношения $^3\text{He}/^4\text{He}$ во флюидных включениях составляет $(0.14 \pm 0.03) \cdot 10^{-6}$, доля мантийного гелия (^3He) около 1.0 %; на Панимбинском – отношение $^3\text{He}/^4\text{He}$ составляет $(0.59 \pm 0.2) \cdot 10^{-6}$, доля мантийного гелия (^3He) 4.75 %. Изотопный состав серы сульфидов на Богунайском месторождении отличается относительно узким интервалом значений ($\delta^{34}\text{S}$) от 0.8 до 3.5‰, при этом 80% определений группируется в еще более узком интервале: от +2.0 до +3.0 ‰. Для Панимбинского месторождения изотопный состав серы представлен в несколько более широком диапазоне значений $\delta^{34}\text{S}$ от +0.9 до +11.7 ‰, а для Герфедского месторождения характерна преимущественно изотопно-тяжелая сульфидная сера от +7.2 до +9.1 ‰. Полученные данные позволили диссертанту сформулировать следующее 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 края. Защищаемое положение убедительно обосновано.*

В обоснование **третьего защищаемого положения** положены данные возрастных датировок. На основе собственных данных (Богунайское и Панимбинское месторожде-

ния) и материалах предшественников (месторождение Герфед) оценен возраст формирования рудных зон месторождений. Проведен литературный обзор возрастных оценок метаморфизма и становления магматических комплексов сопряженных с формированием золоторудных зон изучаемых месторождений. Совокупность всех данных позволила сформулировать следующее защищаемое положение. *Возраст кварцевых жил Богунайского золоторудного месторождения составляет $466.0 \pm 3.2 - 461.6 \pm 3.1$ млн. лет и существенно оторван по времени от метаморфизма вмещающих пород канской серии ($\sim 1.9 - 1.84$ млрд. лет [Ножкин и др., 2010]). Возраст формирования Панимбинского золоторудного месторождения составляет $817.2 \pm 5.3 - 800.4 \pm 5.1$ млн. лет и коррелируется с развитием Панимбинско-Шалакитской надвиговой системы Енисейского края (826-798 млн. лет [Тишин и др., 2005; Сазонов и др., 2010]). Достоверность и обоснованность положения сомнений не вызывает.*

По диссертации, помимо замечаний отмеченных при анализе 4 и 5 главы и первого защищаемого положения, имеются следующие замечания:

1. На месторождении Герфед (стр. 62) « в кварце кварцитов (жила Магистральная) выделяются первичные и первично-вторичные включения гомогенизовавшиеся в интервале температур $120-230^{\circ}$, с максимумом определений в диапазоне $150-200^{\circ}$ Гомогенизация **вторичных** газовых включений происходила в узком высокотемпературном диапазоне от 290 до 350° С». Что за вторичные включения? Каков их генезис? Это продукт наложения более позднего высокотемпературного процесса?
2. В тексте диссертации, в соответствующих разделах , нет дословных формулировок защищаемых положений выносимых на защиту в том виде, в котором они обозначены в автореферате. Существо положений в свободной форме прописано в разделе «Обсуждение результатов» и в Заключение.

В целом, несмотря на высказанные замечания, следует отметить высокий научный уровень работы. Полученные результаты значимы для геологической науки , которые дополняют наши знания об условиях формирования золоторудных месторождений Енисейского края. Защищаемые положения базируются на большом фактическом материале и надежно обоснованы. Данные по Богунаевскому месторождению имеют серьезное практическое прогнозно-металлогеническое следствие для поисков золоторудных месторождений в Заангарской части Енисейского края. Это установленный относительно молодой возраст оруденения, очевидно, связанного со структурами средне- .поздне-палеозойской активизации; близкая к мантийной изотопия серы – отличная от большинства объектов Енисейского края; водный характер рудообразующего флюида с подчиненным количе-

ством углеводородных газов. Полученные результаты несомненно должны лечь в основу генетической и прогнозно-поисковой модели золоторудных объектов Заангарской части Енисейского кряжа и дать импульс для новых исследований по выработке минералогеохимических критериев для поисков новых золоторудных месторождений в этом регионе.

Диссертация Рябухи М.А. представляет собой законченное самостоятельное исследование. Цель работы - определить физико-химические условия и возраст формирования Богунайского, Герфедского и Панимбинского золоторудных месторождений достигнута. Текст диссертации и автореферат хорошо оформлен, насыщен иллюстрациями облегчающими восприятие фактического материала и представленных выводов. Основные положения диссертационной работы опубликованы в печати, в том числе в периодических изданиях входящих в перечень ВАК.

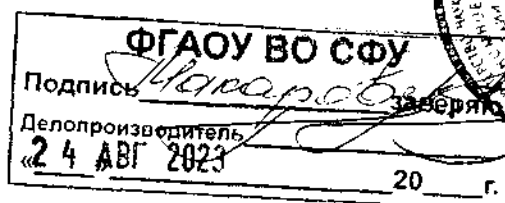
Таким образом, диссертация Рябухи Марии Алексеевны является научно-квалификационной работой, в которой решена задача характеристики флюидного режима и определения возраста формирования орогенных месторождений золота Енисейского кряжа на примере Богунайского, Герфедского и Панимбинского золоторудных месторождений, что соответствует требованиям п. 9 «Положения о порядке присуждения ученых степеней», утвержденного постановлением Правительства Российской Федерации от 24.09.2013 г. № 842, предъявляемым к диссертациям на соискание ученой степени кандидата наук, а ее автор заслуживает присуждения искомой ученой степени.

Официальный оппонент,

Д. г.-м. н., профессор, заведующий кафедрой Геологии месторождений и методики разведки ФГАОУ ВО «Сибирский федеральный университет», 660025, Красноярск, пр. им газеты Красноярский рабочий, 95

Тел. +7 9048905921

e-mail: vmakarov@sfu-kras.ru



Дата 23.09.2023



(подпись)

/ В.А. Макаров
(расшифровка подписи)