



С И Б И Р С К И Й
Ф Е Д Е Р А Л Ь Н Ы Й
У Н И В Е Р С И Т Е Т

S I B E R I A N
F E D E R A L
U N I V E R S I T Y

МИНОБРНАУКИ РОССИИ
Федеральное государственное автономное
образовательное учреждение высшего образования
«Сибирский федеральный университет»

660041, Красноярский край,
г. Красноярск, проспект Свободный, д. 79
телефон: (391) 244-82-13, тел./факс: (391) 244-86-25
<http://www.sfu-kras.ru>, e-mail: office@sfu-kras.ru

ОКПО 02067876; ОГРН 1022402137460;
ИНН/КПП 2463011853/246301001



П Р О С Т А В Л Я Ю

Проректор по учебной работе

ФГАОУ ВО «Сибирский
федеральный университет»

Ленис Сергеевич Гуц

«17» 03 2026 г.

№ _____
от _____
на № _____

ОТЗЫВ

ведущей организации на диссертационную работу

Бестемьяновой Ксении Викторовны на тему «Минеральный состав, возраст и генезис барит-полиметаллических месторождений Змеиногорского рудного района (Рудный Алтай)», представленную на соискание ученой степени кандидата геолого-минералогических наук по специальности 1.6.10 – «Геология, поиски и разведка твердых полезных ископаемых, минерагения»

Диссертационная работа Бестемьяновой К.В. посвящена актуальной проблеме реконструкции условий формирования барит-полиметаллических месторождений Змеиногорского рудного района. Рудный Алтай является одной из ключевых свинцово-цинковых провинций мира, и уточнение генетических моделей, особенно для барит-полиметаллической субформации, имеет важное теоретическое и практическое значение для прогнозирования и поисков скрытого оруденения.

Актуальность исследования не вызывает сомнений. Несмотря на длительную историю изучения, генезис колчеданно-полиметаллических месторождений Алтая остается дискуссионным (гидротермально-осадочная, вулканогенно-гидротермальная, интрузивная гипотезы). Применение комплекса

современных методов, включая изотопное датирование (Ar/Ar), изучение стабильных изотопов и термобарогеохимию флюидных включений с использованием ГХ-МС анализа, позволяет вывести изученность объектов на новый уровень.

Целью работы являлась реконструкция условий формирования месторождений. Для достижения цели решен комплекс задач: от геологического картирования и петрографии до прецизионных изотопных и геохимических исследований.

Объем диссертации составляет 255 страниц, включает 52 рисунка, 30 таблиц и список литературы из 219 наименований. Работа структурирована логично: введение, 7 глав, заключение, приложения.

Во **введении** обоснована актуальность, сформулированы цель и задачи, представлены защищаемые положения. **В первой главе** дан обзор современных представлений о колчеданных месторождениях и подробная история геологической изученности района. **Вторая глава** детально описывает комплекс методов исследования: от минераграфии и электронной микроскопии до изотопной геохронологии ($^{40}Ar/^{39}Ar$), термобарогеохимии и газовой хромато-масс-спектрометрии. **Третья глава** характеризует геологическое строение района и каждого из трех месторождений, их структурный контроль и стратиграфию рудовмещающих толщ. **В четвертой главе** рассмотрены минералогия, петрогеохимия и возраст околорудных метасоматитов. **Пятая глава** посвящена детальному минералогическому анализу руд, выделению парагенетических ассоциаций и установлению последовательности минералообразования. **В шестой главе** приведены результаты изучения стабильных изотопов (S, C, O) и флюидных включений, позволившие оценить источники вещества и параметры среды. **В седьмой главе** обобщены все данные и представлена концептуальная модель формирования месторождений. **В заключении** сформулированы основные выводы о возрасте, источниках и физико-химических условиях рудогенеза. Основные результаты исследований соискателя отражены в 40 публикациях, включая 4 публикации в рецензируемых

изданиях, включенных в список ВАК РФ Достоверность представленных данных и личный вклад соискателя не вызывают сомнений у рецензентов. **Автореферат соответствует содержанию диссертации.**

Положительные стороны работы, отмеченные рецензентами:

1. Комплексность подхода. Соискатель сочетает традиционные геолого-минералогические методы с высокоточными инструментальными анализами (LA-ICP-MS, PCMA, ГХ-МС флюидных включений закрытых пор).

2. Новизна данных. Впервые для района проведено Ar/Ar датирование серицита околорудных метасоматитов, что позволило уточнить возраст рудогенеза (ранний девон). Впервые выполнен детальный ГХ-МС анализ летучих компонентов флюидных включений с идентификацией широкого спектра органических соединений.

3. Автором диагностировано 6 минеральных видов, ранее не отмеченных для изученных объектов (гринокит, амальгамы, галеновисмутит и др.), что расширяет список описанных минеральных видов в Змеиногорском рудном районе.

Вместе с тем, в ходе анализа диссертационной работы и автореферата у рецензентов возник **ряд замечаний и вопросов**, которые требуют пояснения или доработки:

1. Терминология и минералогическая номенклатура:

В тексте наблюдается смешение терминов «околорудноизменённые породы», «околорудные породы» и «околорудные метасоматиты» без явного пояснения их смысла и различий между данными понятиями (стр. 2, 66). Рекомендуется унифицировать терминологию в соответствии с Петрографическим кодексом.

Использованы устаревшие названия и формулы минералов. Например, для блеклых руд не учтена современная классификация (серия фрейбергита, Biagioni et al., 2020). Термин «аргентит» используется для низкотемпературной модификации, тогда как согласно современным данным (Минералы, т.1), при стандартных условиях это акантит (стр. 108).

На каком основании автор объединяет Фелизчайский тип полиметаллических месторождений и месторождений типа Бесси, учитывая их различия в геохимическом плане Cu-Zn-(Co) для Фелизчайского типа и Cu-(Zn-Ag-Co), вмещающих толщ и характере вулканизма? Также обращает на себя внимание различное написание данного типа месторождений в ходе одного абзаца – *Бесши* и *Бесси*.

2. Оформление и редактурные ошибки:

Работа содержит значительное количество опечаток и орфографических ошибок, что свидетельствует о недостаточной вычитке текста.

Встречаются стилистические и логические неточности. Например, «выполнено 45 шлифов» (хотя, скорее всего, имелось ввиду изучено), на стр. 15 упоминаются ранние этапы исследований «а именно в начале XX века», хотя автор приводит ссылки на работы 1956-1977гг.; на стр. 16: «История Змеиногорского рудного района... имеет статус крупной минерально-сырьевой базы». История не может иметь статус базы.

Также по ходу текста отмечаются «недомолвки» автора, например: «В 50–60-е годы территория Северо-Западного Алтая покрыта кондиционной геологической съемкой масштаба 1:50000, приведшей к открытию двух полиметаллических месторождений и одного золоторудного.» Какие именно месторождения были открыты и какое это имеет значение в контексте данной работы остается неясным.

В подписях к рисункам (например, рис. 3.5, стр. 42) условные обозначения не всегда соответствуют тексту. На рис. 5.12 (стр. 117) не везде расшифрованы цифровые обозначения парагенезисов.

В главе 6 нет единообразного обозначения фаз флюидных включений. На стр. 135 автор типизирует их и обозначает фазы как (Ж – жидкая, Г – газовая, К – кристаллическая), далее по тексту, таблицах и рисунке автор использует сокращения Ж, Г, Т, не давая расшифровку последнему, в отличие от первых.

3. Представление и интерпретация геологических данных

Отсутствует привязка использованных образцов по всем трем объектам (координаты отбора, горизонты, конкретные выработки), что затрудняет верификацию данных и их сопоставление.

В тексте диссертации отсутствует информация о содержаниях основных и попутных компонентов руд (Cu, Pb, Zn, Au, Ag), о запасах или прогнозных ресурсах всех трех месторождений – объектов исследования. При этом автор оперирует такими формулировками как: «Змеиногорское - крупное по запасам», «добыто руды около 30%, а в ней от 16 до 36% отдельных металлов», «поставлены на Государственный баланс ГКЗ СССР»

На стр. 103 при описании пирита II указываются зарождения пиритов Ia и Ib, что противоречит нумерации генераций (должно быть IIa и IIb).

Анализ халькозина (табл. 5.10, стр. 118): первый анализ по содержанию меди и серы скорее соответствует джарлеиту, чем халькозину, однако минерал классифицирован автором весьма однозначно.

Обоснование халькозин-теннантит-борнитовой стадии (парагенезиса) представлено слабо. На рис. 5.11д видно, что теннантит обрастается халькозином и борнитом, что может свидетельствовать о замещении и одновременности образования, а не об единой ассоциации. В тексте упоминаются коррозионные структуры, что подтверждает возможность более позднего формирования халькозина и борнита относительно теннантита.

Вызывает вопрос пространственное соотношение рудных парагенетических ассоциаций. Выделяются ли на их основе четкие природные и промышленные типы руд, или это лишь минералогическая классификация? Каким образом на месторождениях пространственно соотносятся рудные парагенетические ассоциации? Выделяются ли на их основе природные и промышленные типы руд, имеющие экономическое значение?

На Стрижковском месторождении халькозин-теннантит-борнитовая ассоциация не проявлена (согласно схеме минералообразования). Однако, если золото связано преимущественно с этой ассоциацией (как следует из

автореферата), то каковы носители золота в рудах Стрижковского месторождения? Есть ли там промышленное золото и с какими содержаниями?

Если исходить из обобщенной модели формирования руд, какой фактор (тектонический, литологический или флюидный) определил отсутствие на Стрижковском месторождении халькозин-теннантит-борнитовой ассоциации, характерной для Зареченского и Змеиногорского месторождений?

На стр. 69 (глава 4.1) автор указывает «Главными породообразующими минералами изученных околорудноизмененных пород являются – кварц, хлорит, серицит», однако далее, на стр. 72 указано, что «Хлорит в составе околорудных метасоматитов отмечается преимущественно в породах лежащего бока, в метасоматитах висячего бока, это *единичные зерна*». На каком основании соискатель так классифицировал хлорит? Согласно «Петрографическому кодексу России. «Магматические, метаморфические, метасоматические, импактные образования» (издание 2009 года), «Минерал относится к главным породообразующим, если его содержание в породе превышает 5 % (объемных процентов)», что явно противоречит тексту работы.

В описании III типа флюидных включений (ФВ) указано «Соотношение жидкой и газовой водных фаз меняется от 50:20:30 до 40:20:40, соответственно». Если меняется соотношение жидкой и газовой фазы ФВ, то почему автор указывает 3 числа в пропорции или прямым текстом не упоминает относительное изменение количества кристаллов в ФВ?

Какие критерии разделения ФВ на первичные, первично-вторичные и вторичные применял автор?

Есть явное противоречие формулировки автора «Все изученные включения представляют собой газовой-жидкие двухфазные вакуоли», рисунка 6.4 и таблицы 6.3, где также приведены данные по трехфазным ФВ.

Вызывает много вопросов правильность типизации флюидных включений и её иллюстрирование рисунком 6.4. Автор выделяет 4 типа ФВ, из которых двухфазные, согласно тексту диссертации, представлены *только* водно-солевыми включениями ($\text{ЖН}_2\text{O} + \text{ГН}_2\text{O}$). На рис. 6.4. двухфазные ФВ

изображены на частях А,Г,Д,Е, где жидкая часть представлена водой, а газовый пузырек-углекислотой, что явно противоречит типу I и не находит отражения в других типах, с чем это связано?.

Среди однофазных флюидных включений автор выделяет только водные, с жидкой фазой (тип II). С чем это связано? Согласно мнению рецензентов, при доле углекислоты в флюидах до 35 отн. %, такие ФВ должны отмечаться, пусть и в подчиненном количестве.

На части Б рисунка 6.4 автор указывает на жидкую водную фазу, кристаллическую, представленную, со слов автора халькопиритом и углекислотную. Чем подтверждено то, что углекислота в данном ФВ представлена именно газовой фазой, а не жидкой? На части В того же изображения углекислота в жидком состоянии как раз выглядит весьма похоже – в виде темной вакуоли, а газовый пузырек – наоборот, светлый. Как в целом производилась диагностика фаз индивидуальных ФВ?

К какому типу ФВ, выделенных автором, относится многофазное включение с кристаллом из части Б рисунка 6.4? Согласно авторской типизации, трехфазные ФВ с рудным кристаллом (тип III) должны иметь в других фазах воду – жидкую и газообразную, что явно не согласуется с иллюстрацией, где отмечена углекислота.

Методом раман-спектроскопии индивидуальных ФВ автором помимо ранее упомянутых воды и углекислоты были установлены: H_2 , CO_2 , SO_2 , HSO_4 , CH_4 , SO_4 , NH_3 . Почему данные флюидные включения никак не упоминаются в ходе их типизации и не проиллюстрированы в ходе работы? К каким типам ФВ, выделенных автором их можно было отнести? Техническая возможность для этого, безусловно, была и данная информация могла бы заверить сказанное автором, тем самым укрепив работу.

Почему в формулировке 3 защищаемого положения автор упоминает «гидротермальные растворами, насыщенными углекислотой и серосодержащими соединениями», но не упоминает воду (содержания во флюиде около 66 отн. %), углеводороды (около 35 отн. %), составляющие, по

своей сути 2/3 состава флюида? Какую роль автор отводит серосодержащим соединениям в ходе минералообразования на рассматриваемых месторождениях? В тексте данной информации не приводится, в отличие от углеводородов, не упоминаемых в формулировке защищаемого положения.

Какие меры контроля загрязнения предпринимались при ГХ-МС анализе флюидных включений для подтверждения первичности обнаруженных органических соединений и исключения влияния препарирования образцов?

В целом диссертационная работа Бестемьяновой Ксении Викторовны производит хорошее впечатление и отличается комплексностью подходов и методов исследования, имеет значительный потенциал для продолжения данного направления исследований и оценивается нами единогласно положительно. Большинство сделанных замечаний не умаляет результаты и значимость проводимых диссертантом исследований, а лишь указывает на моменты, которые, по мнению рецензентов, заслуживают должного внимания и важны для должного понимания геологии колчеданно-полиметаллических месторождений и металлогении рудного Алтая. Представленная диссертационная работа выполнена на профессиональном уровне и является законченным научным трудом.

Заключение по диссертации. Диссертация Бестемьяновой Ксении Викторовны «Минеральный состав, возраст и генезис барит-полиметаллических месторождений Змеиногорского рудного района (Рудный Алтай)» соответствует выбранной специальности и отвечает квалификационным требованиям п. 9-14 «Положения о присуждении учёных степеней», утверждённого Постановлением Правительства Российской Федерации от 24 сентября 2013 г. № 842, предъявляемым к диссертациям на соискание ученой степени кандидата наук, а её автор **заслуживает** присуждения ученой степени кандидата геолого-минералогических наук по специальности 1.6.10 – «Геология, поиски и разведка твердых полезных ископаемых, минерагения».

Отзыв подготовлен сотрудниками кафедры Геологии месторождений и методики разведки Федерального государственного автономного

образовательного учреждения высшего образования «Сибирский федеральный университет» профессором, зав. каф геологии месторождений и методики разведки, доктором геолого-минералогических наук Макаровым Владимиром Александровичем, кандидатом геолого-минералогических наук, доцентом Шадчиным Максимом Викторовичем, кандидатом геолого-минералогических наук, доцентом Самородским Павлом Николаевичем и доцентом Шведовым Геннадием Ивановичем.

Диссертация Бестемьяновой Ксении Викторовны «Минеральный состав, возраст и генезис барит-полиметаллических месторождений Змеиногорского рудного района (Рудный Алтай)» и отзыв на нее рассмотрены на семинаре кафедры геологии месторождений и методики разведки 13 марта 2026 г. (протокол №1). По итогам обсуждения и открытого голосования отзыв принят в качестве отзыва ведущей организации единогласно.

Д-р геол.-минерал. наук, профессор,
зав. каф. геологии месторождений
и методики разведки

Макаров Владимир Александрович

13 марта 2026 г.

| | | |
|---------------------|----------------------|----------|
| ФГАОУ ВО СФУ | | |
| Подпись | <i>Макарова В.А.</i> | заверяю |
| Делопроизводитель | <i>Губанова</i> | |
| « 13 » | 03 | 20 26 г. |

