

ОТЗЫВ ОФИЦИАЛЬНОГО ОППОНЕНТА
на диссертационную работу **Бестемьяновой Ксении Викторовны**
«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 Ксении Викторовны посвящена исследованию минерального состава руд, определению возраста и обоснованию генезиса барит-полиметаллических месторождений Змеиногорского рудного района Рудно-Алтайского полиметаллического пояса. В основу диссертации положены результаты многолетних полевых и камеральных работ и комплекс современных аналитических методик. Полученные автором новые данные позволили оценить абсолютный возраст начала рудного процесса и представить авторский вариант формирования барит-полиметаллических месторождений. Это вносит заметный вклад в решение дискуссионной проблемы генезиса колчеданно-полиметаллических месторождений Рудного Алтая и определяет **актуальность** выполненных исследований. В практическом плане проведенные исследования позволяют уточнить критерии прогнозирования и поисков новых барит-полиметаллических объектов в Змеиногорском рудном районе.

Научная новизна работы

- Предложен авторский вариант выделения парагенетических минеральных ассоциаций и последовательности их формирования.
- По данным $^{40}\text{Ar}/^{39}\text{Ar}$ датирования серицита околорудных метасоматитов обоснован абсолютный возраст начала их формирования ($408 - 402 \pm 4.1$ млн. лет), что соответствует возрасту рудовмещающей вулканогенно-осадочной толщи.
- На основе изотопных исследований установлен смешанный, мантийно-коровый источник флюидов.
- Установлено, что руды формировались в интервале температур от 270 до 90°C, при давлении 0.53 – 0.01 кбар, из растворов с соленостью от 1.5 до 9.5 масс. % NaCl экв.
- Впервые проанализирован валовый состав газовой фазы методом газовой хромато-масс-спектрометрии (GC-MS) в минералах выделенных парагенезисов. Установлено, что помимо водяного пара и углекислоты, в составе флюида присутствуют серосодержащие и углеводородные соединения.
- Выявлены не диагностированные ранее минералы: гринокит, амальгамы серебра (шахнерит, евгенит), смешанные по составу амальгамы золота и серебра, галеновисмутит, самородный висмут, пильзенит, балканит, маккинстриит.

Личный вклад автора сомнений не вызывает. Ксения Викторовна принимала непосредственное участие во всех этапах полевых и камеральных работ, подборе и анализе

опубликованной и фондовой литературы, подготовке проб к анализам, обработке результатов, личном выполнении ряда минералогических исследований, подготовке публикаций и докладов на конференциях, формулировке защищаемых положений.

Достоверность и новизна исследований определяется большим объемом фактического материала и применением комплекса самых современных методов исследования вещества. Взаимоотношения и состав минералов изучены с применением оптической и электронной микроскопии, энергодисперсионных спектрометров, рентгенофлуоресцентного микроскопа, масс-спектрометрии с индуктивно связанной плазмой. Выполнен изотопный анализ серы сульфидов, углерода и кислорода кальцита, криотермометрические исследования газовой-жидких включений в кварце, барите, сфалерите, кальците, газово-хроматографические анализы монофракций сульфидов, кварца, кальцита и барита, выполнены определения состава индивидуальных включений методом рамановской спектроскопии. Проведено $^{40}\text{Ar}/^{39}\text{Ar}$ датирование серицита околорудных метасоматитов. Все исследования выполнены в авторитетных сертифицированных лабораториях.

Диссертационная работа состоит из введения, семи глав, заключения и 13 табличных приложений, общим объемом 255 стр., включает 53 рисунка, 29 таблиц и список литературы, содержащий 219 наименований. На защиту выносятся три защищаемых положения. Первое посвящено минеральному составу руд и стадийности минералообразования; во втором, с опорой на изотопные исследования, доказываемся абсолютный возраст начала рудного процесса и мантийно-коровая природа гидротермальных флюидов; третье положение посвящено термобарогеохимической характеристике рудоносных растворов.

Во **введении** обосновывается актуальность темы исследования, определены объекты, цель и задачи исследования, описан фактический материал, сформулированы научная и практическая значимость работы, приведены защищаемые положения.

Первая глава «Состояние проблемы и история изученности Змеиногорского рудного района» содержит обзор научных представлений по проблематике исследования и основных характеристиках колчеданных месторождений, а также сведения об истории геологического изучения Змеиногорского рудного района. Информация исчерпывающая, замечаний к содержанию главы нет.

Во второй главе «Методика исследований» изложены виды используемой в работе аналитики, лабораторных условий и параметров выполнения, объема исследуемых проб. Замечаний к главе нет.

В третьей главе «Геологическое строение Змеиногорского рудного района и изученных месторождений» рассмотрены общие сведения о геолого-структурной характеристике

Змеиногорского рудного района, а также изученных автором месторождений – Змеиногорского, Зареченского, Стрижковского. Современные представления по этому вопросу изложены хорошим профессиональным языком, прекрасно иллюстрированы и в полной мере отражают позицию авторов. Замечаний к главе нет.

В четвертой главе «Околорудноизмененные породы месторождений» изложены результаты минералого-петрографических и петрохимических исследований околорудных метасоматитов. Подробно рассмотрена минералогия главных, второстепенных и редких минералов. Приведены данные по $^{40}\text{Ar}/^{39}\text{Ar}$ изотопному датированию серицита из околорудных метасоматитов месторождений, использованные при обосновании второго защищаемого положения.

В пятой главе «Рудная минерализация» изложены результаты минералогических и минералогических исследований барит-полиметаллических руд. Охарактеризованы минеральные парагенезисы; главные, второстепенные, редкие минералы; формы проявления золота и серебра. Приведена последовательность минералообразования. Полученные данные является обоснованием первого защищаемого положения.

В шестой главе «Генетические аспекты формирования месторождений» приводятся результаты изучения стабильных изотопов серы сульфидов выделенных минеральных парагенезисов, изотопного состава углерода и кислорода кальцита, а также данные анализа флюидных включений в сфалерите, кварце, барите и кальците. Изложенные результаты положены в основу второго и третьего защищаемых положений. Выводы базируются на представительном фактическом материале, современных аналитических методах и надежно обоснованы.

В седьмой главе «Условия образования барит-полиметаллических месторождений Змеиногорского рудного района» приведена обобщенная информация об условиях образования изученных месторождений. Предложена авторская схема формирования барит-полиметаллических месторождений Змеиногорского рудного района, составленная по совокупности полученных данных.

В заключении подведены итоги исследования, перечислены основные выводы.

По работе имеются следующие замечания.

1. В предлагаемой автором парагенетической схеме минералообразования рассматривается только гидротермально-метасоматический этап, в котором выделено 5 стадий, в том числе халькозин-теннантит-борнитовая, именуемая «наложенной», и карбонат-гипсовая, названная «второй пострудной». Утверждение автора о связи их образования с некими новыми порциями флюидов, генерируемых девонскими интрузивами алейского и змеиногорского комплексов ничем не обосновано. В то же время, минералы, входящие в состав названных «стадий» – это классический парагенезис зон окисления и вторичного сульфидного обогащения колчеданно-полиметаллических месторождений. То, что Ксения Викторовна сознательно

исключила из круга рассматриваемых процессов гипергенный этап, следует отнести к недостаткам работы.

2. Автор признает, что колломорфные агрегаты пирита-IIa – это придонные образования почковидного строения, нередко имеющие сложный состав с чередованием слоев пирита, сфалерита, галенита и других минералов, которые в этом случае образовывались практически одновременно. Но именно так и выглядят сохранившиеся фрагменты черных и серых «курильщиков», к которым многие исследователи и относят данные образования. То-есть, гидротермально-осадочный этап все-таки имел место, а для него возрастные взаимоотношения минералов несколько иные, нежели в гидротермально-метасоматическом процессе. В парагенетической схеме минералообразования это отражения не нашло.
3. Ксения Викторовна абстрагируется от влияния процессов пострудного метаморфизма и складчатости на преобразование минерального состава руд, включая перекристаллизацию, переотложение главных минералов, очищение их от примесей и т.д. Эти явления описаны на многих месторождениях региона, в том числе, входящих в Змеиногорский рудный узел. Автор, конечно, имеет право сосредоточиться только на одном из главных этапов формирования барит-полиметаллического оруденения, но, в таком случае, название диссертации не в полной мере соответствует ее содержанию.
4. На рис. 3.12 диссертации показано, что вкрапленное медное оруденение проникает в метаморфизованную толщу подстилающей корбалихинской свиты, но в тексте об этом ничего не сказано. Этот факт действительно имеет место?
5. Ссылки на литературные источники не всегда находят отражение в списке литературы (например, Дистанов, 1977).

Несмотря на перечисленные замечания, работа является оригинальным законченным исследованием, содержит новые ценные данные и является важной вехой в понимании природы образования барит-полиметаллических месторождений Рудного Алтая. Цели и задачи исследования сформулированы четко и, в основном, выполнены. **Автореферат отражает содержание диссертационной работы. Защищаемые положения являются оригинальными, достаточно убедительно аргументированными.** Результаты исследований изложены в 28 научных публикациях, в том числе, в **четыре-х статьях в рецензируемых журналах из списка ВАК**, а также доложены на ряде конференций и Симпозиумов в 2013-2024 г.г.

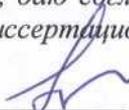
На основании вышеизложенного считаю, что **диссертация** «Минеральный состав, возраст и генезис барит-полиметаллических месторождений Змеиногорского рудного района (Рудный Алтай)» **соответствует критериям**, установленным п. 9-14 «Положения о порядке присуждения ученых степеней» (постановление Правительства Российской Федерации от 24.09.2013 г. № 842)

для ученой степени кандидата наук, а её автор, Бестемьянова Ксения Викторовна, заслуживает присуждения ученой степени кандидата геолого-минералогических наук по специальности 1.6.10 - Геология, поиски и разведка твердых полезных ископаемых, минерагения.

Официальный оппонент,
Ворошилов Валерий Гаврилович
доктор геолого- минералогических наук,
профессор, профессор Отделения геологии
Инженерной школы природных ресурсов
Национального исследовательского Томского
Политехнического университета

Я, Ворошилов Валерий Гаврилович, даю согласие на включение своих персональных данных в документы, связанные с работой Диссертационного совета, и их дальнейшую обработку.

17 февраля 2026 г.



Ворошилов В.Г.

Сведения об организации:

Федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования «Национальный исследовательский Томский политехнический университет».

Россия, 634050, г. Томск, проспект Ленина, дом 30.

Телефон: +7 (3822) 701777 Вн.т. 1303

Адрес электронной почты: v_g_v@tpu.ru

Подпись профессора Ворошилова В.Г. заверяю
И.о. Ученого секретаря ФГАОУ ВО НИ ТПУ



Новикова В.

