



УТВЕРЖДАЮ
Проректор по науке и
стратегическим проектам
Томского политехнического
университета
А.С. Гоголев

« 13 » сентября 2025 г.

ОТЗЫВ ВЕДУЩЕЙ ОРГАНИЗАЦИИ

**Федеральное государственное автономное образовательное учреждение
высшего образования «Национальный исследовательский Томский
политехнический университет» (ФГАОУ ВО НИ ТПУ)**

на диссертационную работу Шадчина Максима Викторовича «**Геология и условия образования руд медно-порфирового месторождения Ак-Суг (Северо-восточная Тува)**», представленной на соискание ученой степени кандидата геолого-минералогических наук по специальности 1.6.10 – «Геология, поиски и разведка твердых полезных ископаемых, минерагения».

Рецензируемая диссертационная работа М.В. Шадчина состоит из введения, семи глав, заключения, принятых сокращений, списка литературы из 150 источников. Общий объем диссертации составляет 229 страниц, 92 рисунка, 37 таблиц и 4 приложения.

Диссертационная работа Максима Викторовича посвящена всестороннему комплексному изучению возрастных и минералого-геохимических характеристик рудовмещающих пород и руд крупного медно-порфирового месторождения Ак-Суг (Северо-восточная Тува).

Актуальность настоящего исследования определяется недостаточной изученностью порфировых месторождений в пределах Российского сегмента, в том числе в пределах Алтае-Саянской складчатой области (АССО), так как ранее подобные объекты с низким содержанием металла не представляли промышленной ценности. С истощением минерально-сырьевой базы традиционных магматических медно-никелевых и колчеданных месторождений РФ на фоне стабильного прироста потребления меди актуальным становится вопрос оценки потенциала медно-порфировых месторождений для построения геолого-генетической и прогнозно-поисковой моделей, а также для разработки критериев поиска и прогноза аналогичных месторождений как на территории АССО, так и за ее пределами.

Цель рецензируемой работы – установление геологических и физико-химических условий образования рудных зон, а также выявление минералого-геохимических особенностей и зональности Ак-Сугского медно-порфирового месторождения.

В связи с этим соискателем решались следующие **задачи**:

- 1) Изучить фондовую и опубликованную литературу по объекту исследования и его аналогам;
- 2) Установить возраст и геодинамическую обстановку формирования рудолокализирующих пород аксугского комплекса;
- 3) Изучить вещественный состав и типоморфные особенности рудной минерализации, определить последовательность рудообразования и пространственную локализацию оруденения, приуроченность к зонам метасоматитов;

- 4) На основе анализа геологических и минералого-геохимических данных выявить этапы формирования порфировой рудно-магматической системы и характер зональности гидротермально-метасоматических изменений;
- 5) Определить состав минералообразующего флюида и РТ-параметры формирования кварцево-жильных зон с рудной минерализацией;
- 6) Определить изотопный состав серы сульфидов, углерода и кислорода жильного кальцита для установления наиболее вероятных источников флюида и предполагаемых температур минеральных парагенезисов.

Главные выводы диссертационной работы сформулированы в виде **трех защищаемых положений**, свидетельствующих о том, что задачи исследования, поставленные диссертантом, решены в полной мере. Основные результаты исследований отражены в 12 публикациях, включая три публикации в рецензируемых изданиях, включенных в список ВАК РФ и 1 монографии.

Во **введении** обоснована актуальность исследования, определены объект, цель и задачи исследования, указан фактический материал и личный вклад автора, представлены научная новизна и практическая значимость, сформулированы защищаемые положения, структура и объем работы, а также приведены сведения об апробации работы и благодарности.

Первая глава посвящена основным этапам изучения Аг-Сугского медно-порфирового месторождения и геолого-структурному положению одноименного рудного узла в структурах Алтае-Саянской складчатой области (АССО).

Во **второй главе** представлено геологическое строение Аг-Сугского месторождения с представлением разрезов по нескольким разведочным линиям, дана характеристика вмещающих пород и рудных тел, а также описан геолого-структурный контроль оруденения с приведением петрографической и петрохимической характеристики интрузивных пород. Также во второй главе приводится предполагаемая геодинамическая позиция и источник гранитоидов Аг-Сугского плутона на основе данных силикатного (265 определений) и химического анализа (ICP-AES) (45 определений). Далее диссертант уделяет внимание определению возрастных характеристик рудовмещающих пород Ак-Сугского плутона пород (5 образцов). Далее во второй главе автор перечисляет особенности минерального состава руд, этапы и стадии формирования рудной минерализации. В конце второй главы формулируется **первое защищаемое положение**.

В **третьей главе** приводится минералого-геохимическая зональность. По завершению главы обосновывается **второе защищаемое положение**.

В **четвертой главе** производится оценка перспектив рудоносности глубоких горизонтов и уровня эрозионного среза. В результате проведенной оценки сделан вывод о возможном приросте запасов руд среднего качества на глубоких горизонтах в объеме не менее 25% запасов от имеющихся по месторождению. В **пятой главе** обсуждаются Р-Т параметры формирования рудных зон, а также состав фаз в индивидуальных флюидных включениях и валовый состав летучих во флюиде. На основании чего сделан вывод о том, что ранний этап формирования Ак-Сугского месторождения характеризуется преимущественно водным составом флюида, а флюид принимавший участие в формировании рудных зон приобрел углекисотно-водный (с углеводородами) состав и окисленные свойства. В **шестой главе** обсуждаются источники рудоносных флюидов на основе изучения изотопного состава серы сульфидов, изотопный состав углерода и кислорода жильного кальцита. Материалы главы использованы при обосновании третьего защищаемого положения. В конце шестой главы приводится обоснование **третьего**

защищаемого положения. В седьмой главе дается описание образцов и перечисляются методы исследования.

В заключении изложены результаты проведенных исследований.

Научная новизна работы заключается в разработке объемной эталонной модели минералогической, метасоматической и геохимической зональности Ак-Сугского месторождения с оценкой уровня эрозионного среза и возрастного диапазона формирования рудных зон. Впервые определены изотопные соотношения углерода и кислорода карбонатных прожилков. Впервые проанализирован валовый состав газовой фазы в кварцевых и карбонатных прожилках методом газовой хромато-масс-спектрометрии.

Практическая значимость заключается в возможности использования полученной геолого-геохимической информации для разработки поисковых критериев и признаков аналогичных медно-порфировых месторождений в пределах АССО и за ее пределами. Оценка уровня эрозионного среза на основе минералого-геохимических данных может быть учтена в процессе освоения Ак-Сугского месторождения.

Достоверность полученных исследований базируется на внушительном количестве каменного материала, задействованного в исследовании и применении современных прецизионных методов изучения вещества (изотопные исследования, рамановская спектроскопия, валовый состав флюида).

Личный вклад диссертанта заключается в отборе образцов, проведении пробоподготовки и исследований на всех стадиях процесса написания диссертации. При участии автора выполнено минераграфическое изучение руд, электронно-микроскопические исследования, термобарогеохимические и часть изотопно-геохимических исследований. Созданы модели геолого-минералогической и метасоматической зональности месторождения.

Автореферат соответствует содержанию диссертации.

По работе имеются следующие замечания, вопросы и комментарии:

Замечания по структуре диссертации:

1) Вторая глава оказалась очень громоздкой и разместилась на 85 страницах, что составило ~ 40% от общего объема всей диссертации. При этом особенности минерального состава руд, этапы и стадии формирования рудной минерализации не отражены в первом защищаемом положении, которое венчает данную главу. Более уместно рассмотреть эти аспекты в следующей отдельной главе.

2) Перманентно в тексте диссертации используются кавычки при ссылке на опубликованную литературу диссертанта. Являясь вашими данными использование в данном случае цитат излишне.

3) Традиционно фактический материал и методика исследований приводится в начале работы. В рецензируемой диссертации фактический материал и методика исследований помещены авторов в последнюю главу, что вынуждает читателя всегда обращаться к седьмой главе.

Концептуальные замечания и вопросы:

4) Представленная в виде рисунка 2.58 (стр. 117) схема последовательности минералообразования при формировании месторождения Ак-Суг значительно расходится с описанием в тексте последовательности формирования рудных минералов.

В схеме отсутствуют многие жильные (серицит, биотит, каолинит, хлорит) и рудные (рутил, гематит, пирротин, халькозин), а также упомянутые акцессорные (фтор-апатит) и др. минералы.

Кварц разделен на генерации I и II (стр.52), в то время как в схеме минералообразования (рис.2.58) 8 генераций кварца. Использование терминологии «вторичный кварц» – не дает ответа к какой генерации или ассоциации на схеме его следует относить.

Например, «В составе пирита часто отмечаются округлые включения более раннего пирротина, реликты не до конца замещенных магнетита и гематита (Рис. 2.32б)» (стр.88). Гематит и пирротин в схеме отсутствуют, а магнетит образуется в пределах одной минеральной ассоциации (стадии) наравне с пиритом. Хотя согласно описанию должен формироваться раньше его.

«Пирит представлен многочисленными, практически всегда раздробленными метазернами сцементированными халькопирит-борнитовыми массами с участием блеклой руды, галенита, айкинита, виттихенита и некоторых других минералов (Рис. 2.32а)». (стр.88) На рисунках, представленных в диссертации пирит, цементируется халькопиритом, в схеме – халькопирит образуется в совместной ассоциации (стадии), в том числе одновременно с пиритом на первом этапе.

«Молибденит образует вкрапленность в виде мелких лейст, изогнутых пластинок и их агрегатов, нарастающих на более ранние сульфиды меди и железа (Рис. 2.35). (стр. 91). В схеме молибденит также образуется уже на первом этапе совместно с ассоциацией (стадией) сульфидов меди и железа.

«На месторождении Ак-Суг молибденит представлен двумя разновозрастными генерациями. Первая, наиболее ранняя, представлена мелкочешуйчатой разновидностью и связывается с ранним этапом формирования тоналит-порфиров 3-й фазы аксугского комплекса (Рис. 2.35а). Вторая генерация молибденита более крупночешуйчатая, сопряженная с внедрением плагиогранит-порфиров в центральной части интрузии» (стр.91). В предлагаемой автором схеме молибденит представлен в трех ассоциациях, а не в двух.

Представленные в схеме этапы детально никак не описываются в тексте, поэтому чем отличается к примеру «субэпитермальный» этап от «эпитермального» и на основании каких критериев сделаны данные выводы остается неясным. Судя по дальнейшему описанию в тексте, данная терминология заимствована у других авторов (Кужугет и др., 2019, 2023), изучающих данный объект, которую автор принимает за основу и вносит какие-то свои коррективы и дополнения.

Автор называет минеральные ассоциации – стадиями (стр.115). Однако, далее перечисляет минералы явно из пространственной минеральной ассоциации, а не парагенетической. Например, в седьмой минеральной ассоциации находится одновременно «медь (гипергенная), висмут-содержащий теннантит, кавацулит и халькопирит» (стр.116). А в схеме минералообразования шеелит образуется на самом позднем гипергенном этапе. В схеме много путаницы и неясностей.

5) Уместно вынести полученные автором термодинамические параметры (P-T) и химический состава флюида в соответствии с предложенными этапами минералообразования. На стр. 154 речь об этом идет, но в очень общем ключе, скорее предполагаемом, чем достоверно зафиксированном

6) Автором были выделены природные типы руд: пирит-халькопиритовые и халькопирит-пиритовые, пирит-борнит-халькопиритовые, теннантит-(пирит)-халькопиритовые, халькопирит-(халькозиновые) и самородномедные. Осталось неясным есть ли какая-либо связь этих типов руд с выделенными 8 минеральными ассоциациями и 4 этапами?

7) Во втором защищаемом положении указано, что автором в первичном геохимическом поле выявлено 8 ассоциаций, отражающих состав, геохимическую

специализацию вмещающих пород и основные минеральные парагенезисы порфировой системы. То есть, выделены основные компоненты геохимической модели месторождения, но их размещение на геохимических планах и разрезах не показано.

8) Мантийные изотопные метки серы не означают автоматически мантийного источника для концентрирующихся в рудах металлов – Cu, Mo, Au, как это сформулировано у диссертанта в третьем защищаемом положении. Для таких утверждений требуются дополнительные специальные исследования, которые автором не проводились.

9) В формулировке «Ранний этап формирования Ак-Сугского месторождения характеризуется преимущественно водным составом флюида, доля углекислоты и прочих соединений, в том числе углеводородных, была незначительной. В ходе геологической эволюции порфировой системы, характер минералообразующей среды изменился, флюид, принимавший участие в формировании рудных зон, приобрел углекислотно-водный (с углеводородами) состав и окисленные свойства» Про какой именно ранний этап из 8 представленных на схеме идет речь?

Частные замечания к оформлению рисунков:

1) Зачем автор выделяет условные обозначения к рисунку 1.2 в виде отдельного рисунка 1.3 ?;

2) Геологическая карта Ак-Сугского рудного узла нечитаема и уместнее было бы ее представить в виде отдельного приложения;

3) Рисунок 2.1., 2.4. не имеет масштаба и масштабной линейки;

4) Рис. 2.16 по оси X не указан SiO₂, мас. %;

В тексте отмечаются повторы (стр. 91, 136)

Терминологические ошибки:

Секущая жилка (стр. 55), вероятно уместнее использовать «прожилки»? Мощность этого прожилка не превышает 1 мм.

«Главные рудообразующие минералы представлены как первичными и вторичными разновидностями. К первичным относятся самородные металлы (золото, серебро, медь, теллур, висмут), сульфиды (пирит, халькопирит, борнит, молибденит, галенит, сфалерит), сульфосоли (энаргит), к вторичным – самородная медь, оксиды (делафоссит, куприт, тенорит), карбонаты (малахит, азурит), ферримолибдит [Шведов и др., 2021].» стр. 84

Речь идет о разновидностях (структурных, химических и т.д.) одного и того же минерала – медь? Или о разных минеральных видах? Сульфиды, а затем оксиды? «К второстепенным рудообразующим минералам отнесены такие как акантит, кобальтин и марказит»

Рудообразующие обычно растворы, а минералы – рудные.

«Природные типы руд на месторождении выделены по данным минералогического картирования и представлены: пирит-халькопиритовыми и халькопирит-пиритовыми, пирит-борнит-халькопиритовыми, теннантит-(пирит)-халькопиритовыми, халькопирит-(халькозиновыми) и самородномедными разновидностями» (стр. 86)

Опять фигурирует термин – разновидность, хотя до этого это были типы природных руд. Что здесь означает термин разновидность не совсем ясно.

«Золото средней и низкой пробы обычно тесно срощивается с халькопиритом, борнитом, теннантитом» (стр. 101) «Галенит без примеси селена образует

мелкие зерна в составе кварц-карбонатных прожилков или тесно срастается и ассоциирует с кадмийсодержащим сфалеритом» (стр.110) Уместнее использовать срastaется.

В целом диссертационная работа Шадчина Максима Викторовича производит хорошее впечатление и отличается разнообразием подходов и методов исследования и оценивается нами единогласно положительно. Большинство сделанных замечаний не умаляет комплексность проводимых диссертантом исследований. Представленная диссертационная работа выполнена на профессиональном уровне и является законченным научным трудом.

Заключение по диссертации. Диссертация Шадчина Максима Викторовича «Геология и условия образования руд медно-порфирового месторождения Ак-Суг (Северо-восточная Тува)» соответствует выбранной специальности и отвечает квалификационным требованиям Положения ВАК о присуждении ученых степеней, предъявляемым к кандидатским диссертациям, а её автор **заслуживает** присуждения учёной степени кандидата геолого-минералогических наук по специальности 1.6.10 – «Геология, поиски и разведка твердых полезных ископаемых, минерагения».

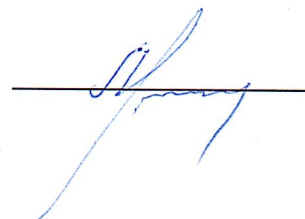
Отзыв подготовлен профессором – консультантом, доктором геолого-минералогических наук Мазуровым Алексеем Карповичем, профессором, доктором геолого-минералогических наук Ворошиловым Валерий Гавриловичем и доцентом, кандидатом геолого-минералогических наук Якич Тамарой Юрьевной отделения геологии инженерной школы природных ресурсов Федерального государственного автономного образовательного учреждения высшего образования «Национальный исследовательский Томский политехнический университет».

Диссертация Шадчина Максима Викторовича «Геология и условия образования руд медно-порфирового месторождения Ак-Суг (Северо-восточная Тува)» и отзыв на неё рассмотрены на научном семинаре отделения геологии инженерной школы природных ресурсов 10 февраля 2025 г. (протокол № 127). В заседании приняли участие 6 докторов геолого-минералогических наук и 7 кандидатов геолого-минералогических наук. По итогам обсуждения и открытого голосования отзыв принят в качестве отзыва ведущей организации единогласно.

Мазуров Алексей Карпович
докт. геол.-мин. наук, профессор-консультант отделения геологии
инженерной школы природных ресурсов
Федерального государственного автономного
образовательного учреждения высшего
образования «Национальный исследовательский
Томский политехнический университет»
634050, г. Томск, пр. Ленина, 30
akm@tpu.ru, +7 (3822) 701777 (вн. 1015)

Я, Мазуров Алексей Карпович, даю согласие на включение своих персональных данных в документы, связанные с работой диссертационного совета и их дальнейшую обработку.

« 13 » февраля 2025 г.



Ворошилов Валерий Гаврилович
докт. геол.-мин. наук, профессор отделения геологии
инженерной школы природных ресурсов
Федерального государственного автономного
образовательного учреждения высшего
образования «Национальный исследовательский
Томский политехнический университет»
634050, г. Томск, пр. Ленина, 30
v_g_v@tpu.ru, +7 (3822) 701777 (вн. 1303)

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

« 13 » февраля 2025 г.



Якич Тамара Юрьевна
канд. геол.-мин. наук, доцент отделения геологии
инженерной школы природных ресурсов
Федерального государственного автономного
образовательного учреждения высшего
образования «Национальный исследовательский
Томский политехнический университет»
634050, г. Томск, пр. Ленина, 30
cherkasovatu@tpu.ru, +7 (3822) 701777 (вн. 1338)

Я, Якич Тамара Юрьевна, даю согласие на включение своих персональных данных в документы, связанные с работой диссертационного совета и их дальнейшую обработку.

« 13 » февраля 2025 г.



Подписи д.г.-м.н. Мазурова А.К., д.г.-м.н. Ворошилова В.Г. и к.г.-м.н. Якич Т.Ю. заверяю

Ученый секретарь ТПУ



Новикова В.Д.