

## ОТЗЫВ официального оппонента

на диссертацию на соискание ученой степени кандидата геолого-минералогических наук Старостина Ивана Александровича на тему: «Геологическое строение и условия формирования медно-порфирирового оруденения Кызык-Чадрского рудного поля (Республика Тыва)»

по специальности 1.6.10 – Геология, поиски и разведка твёрдых полезных ископаемых, минерагения

### **Актуальность выбранной темы**

Горнорудные проекты на медно-порфирировых месторождениях мира обеспечивают до 70% добычи меди, включая самый крупный в мире медный рудник на базе медно-порфирирового месторождения Эскондида в Чили. В Российской Федерации до недавнего времени в силу богатых содержаний в добыче и производстве меди доминировали сульфидные медно-никелевые (Норильск и Талнах) и медно-колчеданные (на Урале) месторождения. Несмотря на открытие многих порфирировых месторождений в Советском Союзе, в том числе и в Российской Федерации, добыча меди из них в силу преимущественно инфраструктурных ограничений велась в основном странах Средней Азии и на Кавказе. Высокие спрос и цены на медь последних 10 лет сделали рентабельными многие уже известные порфирировые месторождения России, недавний запуск которых в производство на Урале обеспечил рост на 20% годовой добычи в стране. Попутные металлы (золото, серебро, молибден и ряд других) улучшают экономику порфирировых проектов. В этом смысле Кызык-Чадр безусловно заслуживает детального переизучения на современном уровне как объект выбранной темы диссертации.

## **Степень обоснованности положений, выносимых на защиту, научных выводов и рекомендаций**

Автором использованы различные современные методы обоснования полученных результатов, выводов и рекомендаций, включая международно-признанные модели строения порфировых месторождений. Выводы и результаты, полученные диссертантом, обоснованы и достоверны, так как основаны на полевых исследованиях, в которых автор лично участвовал.

Автором отобраны и изучены образцы и пробы пород, руд и гидротермально-измененных пород. Проведено специализированное изучение 300 шлифов и 200 аншлифов; выполнены 40 анализов изотопов серы сульфидов; проанализировано 20 рентгеновских и ИК-спектроскопических исследований светлых слюд из гидротермально-измененных пород; использован силикатный анализ 32 проб интрузивных пород; выполнен масс-спектрометрический анализ 107 проб.

## **Достоверность и новизна**

Полученные в диссертации результаты являются новыми и достоверными, представляя несомненный научный интерес. Выводы, сделанные автором, позволяют реализовать комплексный подход к анализу строения, гидротермальной зональности и минерализации порфировых месторождений.

## **Оценка содержания диссертации, ее завершенность**

Диссертация состоит из введения, четырех глав, заключения и списка литературы, являясь завершенным исследованием. Список использованной литературы содержит 85 наименований, включая 10 фондовых отчетов.

Одним из несомненных достоинств работы следует считать детальную проработку разнообразной зональности этой порфировой системы с необычной дайковой морфологией.

**Введение (первый раздел)** содержит все необходимые разделы, в которых рассмотрены актуальность работы, состояние проблемы, цель и основные задачи исследований, фактический материал и методы исследования, личный вклад автора, защищаемые положения, научная новизна, практическая значимость, апробация результатов и степень достоверности.

Во **втором разделе** рассмотрена позиция Кызык-Чадрского рудного поля в региональных геотектонических структурах Алтае-Саянской области Центрально-Азиатского складчатого пояса.

В **третьем разделе** рассмотрено геологическое строение, вещественный состав и зональность рудно-метасоматических образований Кызык-Чадрского молибден-медно-порфирового рудного поля. В частности, указывается необычная дайковая морфология рудоносной интрузии(ий).

В **четвертом разделе** проведен анализ «скрытой» минералого-геохимической зональности месторождения Кызык-Чадр, условия ее формирования и возможности использования в целях локального прогнозирования медно-порфирового оруденения.

В **пятом разделе** сделаны рекомендации по использованию результатов выполненных исследований при проведении поисковых и оценочных работ на оруденение медно-порфирового и сопряженных типов в пределах Кызыкчадрского рудного поля и других перспективных площадей Алтае-Саянского региона.

В **Заключении** кратко обобщены результаты исследований.

## Замечания по диссертационной работе в целом

1. Целью работы (стр 3) заявлено установление геологического строения Кызык-Чадрского рудного поля. Однако оно известно давно и отражено в некоторых публикациях. Поэтому скорее следует говорить об уточнении строения рудного поля. Согласно тексту диссертации полевые материалы были собраны до 2020 г. В докладах на конференциях Мингео 2023 и 2024 в Красноярске сейчас на Кызык-Чадрском рудном поле проводит детальное бурение компания Нордголд, а до этого работы проводила Росгеология. Было бы полезно проверить свои или учесть их (если возможно) результаты в данной работе.

2. Защищаемые положения в целом отражают содержание работы. Однако трудно согласиться с формулировкой положения 4, констатирующего «выделение площадей и рекомендации для постановки прогнозно-минерагенических работ на оруденение порфиривого типа». Это, скорее, является практическим результатом, чем защищаемым положением. К тому же перспективы выделенных площадей остаются неясными до проведения работ.

3. Работы по выявлению «скрытой» зональности проводились в последнее время на ряде северо- и южноамериканских порфириковых месторождений, которые не использованы в списке литературы. Представляется, что их использование усилило бы эту диссертационную работу. Например, Uribe-Mogollon, C., & Maher, K. (2020). White mica geochemistry: Discriminating between barren and mineralized porphyry systems. *Economic Geology*, 115(2), 325–354.

4. В работе довольно эклектично используется тектоническая терминология. Так, Алтае-Саянский *пояс* (стр 12-13) является частью ЦАОП (Центрально-Азиатского орогенного *пояса*, позже названного *суперколлажем* на стр 26). Далее в этом же предложении он называется Алтае-Саянским *сегментом*. Далее несколько раз в тексте используется

термин аккреционная коллизия, что является невозможным сочленением двух разных понятий. Упоминание платформенных обстановок на стр 26 выглядит неуместным.

5. Рисунок 2.6 требует упрощения. К тому же, в нем допущено множество неточностей. Так, не указаны офиолиты Адагдара на юге Тувы, которые отделяют метаморфический террейн северной Монголии от Хамсаринской магматической дуги, что меняет ее тектоническую позицию. В центральной части Западного Саяна крапом показаны островодужные вулканогенные породы, тогда как в этой части давно закартированы раннепалеозойские терригенные породы аккреционного комплекса. Девонские отложения (в легенде) традиционно должны считаться средне-, а не позднепалеозойскими.

6. На рисунке 2.7 досалаирские комплексы было бы лучше показать, как разные тектонические зоны, а не как простую стратиграфическую колонку, что перекликается с неуказанной сутурой Адагдар (см выше). Она (точнее место ее задугового бассейна), кстати, отражено на геодинамической модели (Рис 2.8). На карте рисунка 3.6 отсутствует знак «З», упомянутый в легенде.

7. В работе (стр 22, 113) цитируются абсолютные датировки разных пород кызыкчадрского порфирикового комплекса, что могло бы помочь в расшифровке последовательности внедрения разных минерализующих и интерминеральных порфириковых фаз и связанных с ними усложнений гидротермальной зональности. Однако в работе принято упрощенное понимание порфириковой системы. Вообще, уточнение возраста (раннепалеозойского против девонского) является одной из ключевых проблем для понимания перспектив всего Алтае-Саянского региона и, безусловно, украсило бы эту работу.

8. В работе слабо проработан структурный аспект, который является неотъемлемой частью геологического строения порфириковых и

любых других месторождений. Продольные разломы могут существенно смещать зональность и давать как ее повторяемость, так и объяснять отсутствие минерализации в лежащем боку порфировой интрузии. Как альтернативный вариант это отсутствие может быть обусловлено интрузивной многофазностью порфировой системы Кызык-Чадра.

В работе гидротермально-метасоматические изменения и рудная минерализация рассмотрены в отдельных разделах. В порфириновых системах они обычно взаимосвязаны, что важно для понимания уровня эрозионного среза, а, следовательно, и перспектив конкретных объектов. Например, магнетит может являться составной частью калиевых изменений. Кстати, редуцированность калиевой зоны скорее означает ее замещение филлизитовой. В работе несколько распалась эта связь, хотя и кратко отражена в разделе о рудно-метасоматической зональности.

Также в этих разделах гидротермальные изменения и руды проиллюстрированы фотографиями шлифов. Гораздо нагляднее было бы использовать также фото породных пришлифовок и рядом шлифов.

Среди рудных минералов присутствуют блеклые руды (проиллюстрированы фото аншлифов, но не показана их позиция на разрезах), для которых без уточнения указывается весь ряд от арсенопиритовых до сурьмяных. Наличие и тех, и других может негативно сказаться на технологических свойствах руд, что было бы полезно изучить глубже с практической точки зрения. Наличие сульфосолей может указывать на присутствие высоко-сульфидных гидротермальных изменений, наложенных на систему Кызык-Чадра.

Пирит, очевидно, имеет не одну генерацию, что не отражено в работе. Для него лишь упомянуто наличие вкрапленного пирита и пиритового ореола. Однако сам ореол не показан на разрезах, а показан вместе с вкрапленным пиритом внутри порфировой системы.

Также хорошо было бы представить иллюстрацию строения зоны гипергенеза, а не только описывать ее словами.

9. В работе наглядно приведена по различным химическим элементам геохимическая зональность Кызык-Чадрского рудного поля. Для аномалий свинца и цинка стоило бы отметить периферическое по отношению к меди и молибдену положение, что соответствует классической зональности для порфировых систем. При этом золото присутствует как в центре, так и на периферии Кызык-Чадра, но в более внешней части по отношению к свинцу.

10. Лишь кратко в тексте упоминаются геофизические характеристики порфировой системы Кызык-Чадра (стр 114). Работа проигрывает от отсутствия соответствующих иллюстраций.

11. Совершенно не затронута тема рения (да или нет).

12. В работе использованы ссылки на фамилии авторов некоторых работ на русском языке (например, Михаласки и др., 2015; Якубчук, 2017). Однако обе работы опубликованы на английском языке. При этом работа Mihalaski et al., 2015 используется много раз в качестве основного объекта цитирования по порфировым месторождениям и их строению. При всем уважении эта работа является компиляционной и вряд ли должна использоваться как основная ссылка на порфировые модели. Ссылка в одной из таблиц на Михаласки 2010 не отражена в списке литературы.

13. На некоторых рисунках (например, 2.4, 2.9) не указано авторство.

14. В ряде случаев даны ссылки на таблицы без указания их номеров (стр 115, 118).

### **Заключение о соответствии диссертации критериям**

Указанные замечания не умаляют значимости диссертационного исследования. Диссертация отвечает установленным требованиям к работам подобного рода. Содержание диссертации соответствует

специальности 1.6.10 – Геология, поиски и разведка твёрдых полезных ископаемых, минерагения. Работа оформлена согласно требованиям.

Таким образом, соискатель Старостин Иван Александрович заслуживает присуждения ученой степени кандидата геолого-минералогических наук по специальности 1.6.10 – Геология, поиски и разведка твёрдых полезных ископаемых, минерагения.

**Официальный оппонент:**

доктор геолого-минералогических наук,

доцент кафедры геологии, геохимии и экономики полезных ископаемых геологического факультета Федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Московский государственный университет им. М.В. Ломоносова»

**ЯКУБЧУК Александр Сергеевич**