

ОТЗЫВ

официального оппонента

на диссертационную работу Старостина Ивана Александровича «ГЕОЛОГИЧЕСКОЕ СТРОЕНИЕ И УСЛОВИЯ ФОРМИРОВАНИЯ МЕДНО-ПОРФИРОВОГО ОРУДЕНЕНИЯ КЫЗЫКЧАДРСКОГО РУДНОГО ПОЛЯ (РЕСПУБЛИКА ТЫВА)», представленную на соискание учёной степени кандидата геолого-минералогических наук по специальности 1.6.10 – Геология, поиски и разведка твердых полезных ископаемых, минерагения.

Диссертационная работа посвящена характеристике особенностей геологического строения и условий формирования медно-порфирирового оруденения Кызыкчадрского рудного поля в Республике Тыва и разработке на основе использования современных минералого-петрографических и геохимических методов изучения руд и окколорудных метасоматитов критериев прогноза месторождений порфирирового семейства.

Актуальность работы не вызывает никаких сомнений. Во-первых, она определяется высокой значимостью самого месторождения Кызык-Чадр как возможного резервного источника минерально-сырьевых ресурсов для проектируемого Аксугского ГОКа в Восточной Тыве. Во-вторых, необходимостью решения спорных вопросов условий формирования рудных объектов, принадлежащих одному из важнейших в практическом отношении золото-медно-молибден-порфирировому геолого-промышленному типу. И, в-третьих, как следствие, – появлению возможности усовершенствовать уже имеющиеся и разработать новые критерии прогноза, поисков и оценки объектов порфирирового семейства применительно к территории Алтае-Саянской металлогенической провинции.

Ключевая цель работы заключалась в проведении прогнозной оценки территории Кызыкчадрского рудного поля на золото-медно-молибден-порфирировое оруденение на основе комплексного подхода к изучению современными методами исследования магматических пород и ассоциирующих с ними гидротермально-метасоматических и рудных образований.

Исходный фактический материал включал результаты изучения геологического строения и рудной минерализации Кызыкчадрского рудного поля как в полевых, так и в камеральных условиях. В ходе полевых работ соискатель принял непосредственное участие в проведении детального крупномасштабного минералого-петрографического картирования гидротермально-метасоматических и рудных образований. Им выполнено специализированное изучение естественных обнажений, поверхностных горных выработок и, что важно, керн поисковых и разведочных скважин. При этом были отобраны образцы и пробы магматических пород, руд и окколорудных метасоматитов, характеризующих различные части рудоформирующей порфирировой системы, реализованной в пределах Кызыкчадрского рудного поля. В камеральный период при непосредственном участии соискателя был выполнен широкий комплекс лабораторно-аналитических исследований, включающий как минералого-петрографическое изучение шлифов и аншлифов, так и прецизионное исследование образцов и минералов с использованием изотопных, рентгеновских, микронзондовых, ИК-спектроскопических и масс-спектрометрических с лазерной абляцией методов анализа. Диссертантом лично выполнены обобщение и интерпретация полученных результатов с учетом данных предшествующих исследований.

Рецензируемая диссертационная работа объемом 146 стр. состоит из введения, 4-х глав, заключения и списка литературы, включающего 81 наименование.

Соискателем на защиту вынесены **четыре основных положения**, доказательства которых последовательно изложены в каждой из четырех глав диссертации.

Обоснованию **1-го защищаемого положения** – выявлению взаимосвязи золото-медно-молибден-порфирового оруденения Кызыкчадрского рудного поля с проявлением полиформационного интрузивного магматизма ранне-среднепалеозойского возраста – посвящена первая глава диссертации.

В этой главе дается краткая характеристика особенностей геологического строения, геодинамического развития и металлогении южной части Алтае-Саянского сегмента Центрально-Азиатского орогенного пояса, а также геологическое описание главного объекта исследования – Кызыкчадрского рудного поля и самого одноименного месторождения, входящих в состав Ожинского рудного узла. Показано, что золото-медно-молибден-порфировое оруденение Кызыкчадрского рудного поля контролируется малыми штокообразными порфировыми интрузивами 2-ой фазы внедрения рудоносного габбро-диорит-гранодиорит-гранитового кызыкчадрского комплекса средне-позднекембрийского возраста, прорывающего массив габбро-тоналит-плагиогранитового таннуольского комплекса (Є2) в пределах локального провиса его кровли, сложенного метаморфизованными вулканогенно-осадочными породами венда-кембрия.

Приведенная на Рис. 2.4 диссертации модель формирования медно-порфирового оруденения в связи с рудоносным Кызыкчадрским интрузивным комплексом в пределах Ожинского полиформационного плутона, вызывает у оппонента ряд вопросов, касающихся формационной принадлежности интрузивных образований главной фазы внедрения кызыкчадрского комплекса. Из-за отсутствия в этом разделе диссертации исходных петрохимических и геохимических данных у оппонента сложилось такое впечатление, что эти интрузивные образования мало чем отличаются от гранитоидов таннуольского комплекса. Иллюстрируемых на Рис. 2.9 петрохимических различий на диаграммах TAS и K_2O-SiO_2 магматитов таннуольского и продуктивного кызыкчадрского комплексов явно недостаточно для ответа на этот вопрос. Повышенная щелочность у гранитоидов главной фазы кызыкчадрского комплекса по сравнению с породами таннуольского комплекса могла быть вызвана проявлением в этих породах объемной автотермальной калишпатизации или альбитизации, что весьма характерно для порфировых рудно-магматических систем. Здесь явно не хватает дополнительных петрохимических и геохимических диаграмм таких как $Fe_2O_3/FeO-SiO_2$, Sr/Y-Y, спектров РЗЭ, диаграмм Пирса, Харриса, Ханчука и др., которые широко используются в практической петрологии магматических пород при изучении рудно-магматических порфировых систем. Наличие таких материалов, безусловно, позволило бы соискателю более однозначно утвердиться в своих выводах по данному вопросу.

Обоснованию **2-го защищаемого положения** – установлению закономерностей строения гидротермально-метасоматической и рудно-минералогической зональности месторождения Кызык-Чадр с выявлением особенностей их соотношения друг с другом – посвящена вторая глава диссертации.

Проведенное соискателем крупномасштабное минералого-петрографическое картирование гидротермально измененных и оруденелых пород позволило составить комплект специализированных карт и схем-разрезов, характеризующих особенности строения как гидротермально-метасоматической, так и рудно-минералогической зональности исследуемого объекта.

На основе этих материалов в пределах площади Кызыкчардского месторождения среди гранитоидов одноименного интрузивного комплекса была установлена следующая последовательность смены зон гидротермально измененных пород (от внешних периферических зон к внутренним рудовмещающим): внешняя пропилитовая (эпидот-хлоритовая) → филлизитовая (кварц-серицитовая с хлоритом) → внутренняя пропилитовая (кварц-альбит-хлоритовая с карбонатом и серицитом) → калиевая (кварц-калишпатовая с хлоритом).

Соискателю в этом разделе диссертации удалось убедительно показать, что «геометрия» гидротермально-метасоматической зональности во многом определяет и контролирует в пространстве закономерности размещения основных рудных минеральных ассоциаций, которые сменяют друг друга от периферии к центру гидротермально-метасоматического ореола в следующей последовательности: пиритовая → молибденит-пирит-халькопиритовая → халькопиритовая → магнетитовая. Этот минералогический ряд зональности усложняется в различных частях месторождения локальным проявлением полисульфидной (борнит-блеклорудно-галенит-сфалеритовой) минеральной ассоциации, приуроченной к узким крутопадающим линейным зонам тектонически нарушенных горных пород.

Приведенные на Рис. 3.32 и Рис. 3.34 продольные схематические геологические разрезы через месторождение Кызык-Чадр с демонстрацией элементов строения гидротермально-метасоматической и рудно-минералогической зональности являются с точки зрения оппонента квинтэссенцией всей проделанной соискателем работы в этом направлении. Установленные закономерности с успехом могут быть использованы для оценки глубоких горизонтов месторождения на порфирировое оруденение.

При этом соискателем было показано, что отличительными особенностями рудно-метасоматической зональности месторождения Кызык-Чадр по сравнению с другими золото-медно-молибден-порфирировыми объектами Мира являются: резкое преобладание кварц-серицитовых филлизитовых метасоматитов над калишпатовыми, практически полное отсутствие вторичного гидротермального биотита и его реликтов в составе метасоматитов калиевой и внутренней пропилитовой зон.

В целом высоко оценивая полученные соискателем результаты в этом разделе диссертации, оппонент, тем не менее, не может не обратить внимание на ряд дискуссионных моментов и явных недочетов в проведенном исследовании.

Здесь, как и в 1-ой главе диссертации, опять полностью отсутствуют какие-либо сведения о химизме и геохимической специализации в различной степени гидротермально измененных пород, формирующих гидротермально-метасоматическую зональность месторождения. Расчет баланса вещества на основе этих петрохимических данных позволил бы соискателю более надежно осуществить вещественную идентификацию выявленных разновидностей гидротермально-метасоматических образований и по типу метасоматоза классифицировать их, как обычно это делается в подобных случаях, на кремнекислотные, субщелочные, щелочные и кремнещелочные проявления гидротермальной деятельности. При изучении метасоматических процессов одних только петрографических данных по известным причинам явно недостаточно, поэтому приходится верить соискателю как говорится «на слово» и предлагать свои версии по интерпретации полученных им результатов исследования.

Например, так называемые зоны *внутренней пропилитизации*, установленные во внутренних и «придонных» частях ореола филлизитизации и представленные

новообразованиями кварц-альбит-хлоритового состава с примесью карбоната и серицита, скорее всего, никакого отношения к *пропилитам* не имеют. В условиях отсутствия каких-либо сведений о химизме их формирования можно только догадываться что это такое – то ли это эйситы (хотя какие могут быть эйситы на порфирировом объекте), то ли это минеральные парагенезисы стадии осаднения процесса березитизации. Хотя, к сожалению, термины *березит* и *березитизация* соискателем вообще не используются в диссертационной работе.

В соответствии с принятой классификацией гидротермалитов по типу метасоматоза (Щербань, 1975; Омеляненко, 1978; Жариков и др., 1996; Плюшев, Шатов и др., 1981, 1985, 2012) **березиты**, которые по мнению оппонента преобладают в строении гидротермально-метасоматической зональности месторождения Кызык-Чадр, являются продуктами средне-низкотемпературного кислотного и сопряженного с ним во времени субщелочного метасоматоза (Si+CaMgFe±NaK), то есть представляют собой типичные «барьерные» гидротермально-метасоматические образования.

Поэтому, **березиты** состоят, как правило, из двух неравновесных в физико-химическом отношении минеральных парагенезисов:

- 1) более раннего – **кварц-серицитового - филлизитового**, отражающего стадию максимальной кислотности процесса березитизации,
- 2) более позднего – **кварц-хлорит-карбонатного** с примесью альбита и серицита, обусловленного проявлением в тех же блоках кислотного выщелоченных (**филлизитизированных**) пород запаздывающей во времени «волны» осаднения петрогенных и рудных компонентов.

Именно этим и объясняется такая повышенная рудоносность березитовых гидротермальных изменений, установленная на многочисленных примерах плутогенных гидротермальных месторождений цветных, редких и благородных металлов, в том числе и на месторождениях порфирирового семейства, таких как Бошекуль и Нурказган в Центральном Казахстане, Михеевское и Томинское на Урале, Песчанка и Малмыж на Дальнем Востоке.

С точки зрения оппонента термин **филлизит** или **phyllitic alteration**, пришедший к нам с Запада в начале 80-х годов прошлого столетия, отвечает по объему понятия исключительно *кварц-серицитовой фации березитов* и поэтому использовать этот термин в более широком смысле, распространяя его на весь объем ореола березитизации, не корректно.

3-е защищаемое положение посвящено обоснованию существования на площади месторождения Кызык-Чадр «скрытой» минералого-геохимической зональности, выявленной инструментальными физико-химическими методами рентгено-структурного и масс-спектрометрического анализа с лазерной абляцией (LA ICP-MS), что позволило соискателю по соотношению фенгит/мусковит в светлых калиевых слюдах и закономерностям распределения элементов-микропримесей в пиритах и халькопиритах выделить наиболее продуктивные части минерализованных зон в различных частях месторождения.

Этот раздел диссертации произвел на оппонента наиболее сильное впечатление.

Дело в том, что в последние годы за рубежом, главным образом в Китае, Австралии, Канаде, США, Аргентине, Чили и других странах, основные усилия геологов были направлены на изучение петрохимических и геохимических особенностей отдельных минералов-индикаторов рудоносных порфирировых систем, с помощью которых можно было бы решать широкий спектр задач как петролого-генетического, так и прогнозно-поискового характера. Так, например, во многих публикациях было показано, что изучение химического состава типоморфных минералов гидротермально измененных пород таких как *эпидот*,

хлорит, турмалин, магнетит, алунит, серицит-мусковит, пирит и др. позволяет определять направление вектора и расстояние до эпицентра рудоконцентрирования в пределах конкретных порфировых систем и, в конечном итоге, подходить к оценке уровня их эрозионного среза.

Оппонент считает, что этой главой соискатель внес **существенный вклад** в развитие данного научного направления по изучению рудоформирующих порфировых систем.

Здесь несомненный научный и практический интерес представляют аналитические результаты, свидетельствующие о проявлении на месторождении Кызык-Чадр четкой тенденции в изменении минерального состава серицитов из ореолов филлизитизированных пород, а именно: в центральной и глубоких частях рудно-метасоматического ореола в серицитах преобладает фенгитовая составляющая, а к его флангам и верхним частям последовательно увеличивается доля мусковитового компонента. Причем, эта «скрытая» зональность состава серицитов в объеме минерализованных пород месторождения Кызык-Чадр имеет четко выраженный концентрический характер.

Также несомненный научный и практический интерес представляют предложенные соискателем в качестве поискового критерия комплексные (мультипликативные) коэффициенты зональности: $K_{Py} = 2Cu \times Mo/Pb \times Zn \times Bi$ - для пирита и $K_{Cpy} = Co \times Mo/Se \times Bi$ - для халькопирита, которые, как показали результаты исследования, последовательно уменьшаются от центра к периферии рудоносного штокверка месторождения Кызык-Чадр.

При этом убедительно показано, что выявленные тенденции «скрытой» минералогическо-геохимической зональности, установленные с использованием самых различных физико-химических методов исследования, согласуются с выявленными традиционными методами концентрической рудно-метасоматической зональностью месторождения.

Однако, по мнению оппонента, в данной главе диссертации явно не хватает материалов, характеризующих особенности строения первичной геохимической зональности месторождения Кызык-Чадр, полученной по данным опробования коренных пород, и ее соотношения с выявленными гидротермально-метасоматической и рудно-минералогической зональностями. Общеизвестно, что содержание элементов-примесей в минералах гидротермально измененных пород зависит от двух факторов: 1) валового содержания элемента в минерализованной породе и 2) способности минерала либо к захвату, либо к самоочистке от элементов-примесей. При наличии таких материалов, характеризующих строение первичной геохимической зональности месторождения, соискатель смог бы без особого труда ответить на извечный вопрос прикладной геохимии: что работает эффективнее на прогнозирование скрытого порфирового оруденения – традиционная коренная геохимия по первичным ореолам или «тонкие» минералогическо-геохимические методы изучения отдельных минералов-индикаторов гидротермально измененных пород? Это очень важный вопрос, так как он на прямую касается экономической целесообразности предлагаемого соискателем метода поисковой геохимии.

Обоснованию *4-го защищаемого положения* – разработке практических рекомендаций по направлениям прогнозно-минерагенических, поисковых и оценочных работ на оруденение золото-медно-молибден-порфирового типа в пределах Алтае-Саянского региона - посвящена четвертая глава диссертации.

В целом данный раздел работы у рецензента не вызывает никаких замечаний, так как в нем суммирована вся тщательно проанализированная информация общегеологического, структурно-тектонического, минералогическо-петрографического и рудно-минералогического

содержания. В результате выполненных исследований соискателем выделены площади для постановки прогнозно-минерагенических работ на оруденение порфирирового семейства в пределах южной части Алтае-Саянской области, даны рекомендации по оценке глубоких горизонтов месторождения Кызык-Чадр на промышленное медно-порфирировое оруденение и уточнена геолого-поисковая модель оруденения медно-порфирирового типа Кызыкчадрского рудного поля.

Все это вместе взятое однозначно указывает на несомненную **практическую значимость и научную новизну** проделанной соискателем работы. Полученные результаты могут представлять интерес для организаций и специалистов, занимающихся прогнозом и поисками порфирирового оруденения, связанного с известково-щелочным гранитоидным магматизмом, как на территории Алтае-Саянской складчатой области, так и в других регионах страны со схожими чертами геологического строения и металлогении. Рекомендации автора частично нашли отражение в ряде геологических отчетов, подготовленных в ходе реализации договоров с АО «Сибирское ПГО» и Госконтрактов ФГБУ «ЦНИГРИ» с Роснедра. И, наконец, эти рекомендации могут оказаться полезными и для компании «Интергео», которая ведет подготовку к промышленному освоению медно-порфирирового месторождения Аксуг и которая наверняка будет заинтересована в укреплении своей минерально-сырьевой базы строящегося ГОКа.

Диссертационная работа Старостина Ивана Александровича является достойным примером современного научного исследования сложного геологического объекта – золото-медно-молибден-порфирирового рудного поля – надежным базисом которого, как и в прежние добрые времена, является площадная геолого-петрографическая и «тонкая» минералого-геохимическая картография с последующей детализацией рудоформирующей порфирировой системы Кызыкчадрского рудного поля современными методами исследований.

Подводя итог анализу материалов, представленных в диссертации, оппонент полностью согласен с методами и системой доказательств при решении поставленной цели, а также с основными выводами, содержащими новые научные результаты и сформулированные на их основе защищаемые положения.

Диссертация представляет собой самостоятельно выполненную законченную научно-квалификационную работу, в которой содержится решение поставленных задач по определению состава, строения и условий формирования золото-медно-молибден-порфирирового оруденения Кызыкчадрского рудного поля, реконструкции геологических условий его локализации, а также по разработке прогнозно-поисковых критериев, имеющих практическое значение для совершенствования методов поисков и разведки твердых полезных ископаемых.

Текст написан хорошим языком и вполне достаточно иллюстрирован. Он включает 71 рисунок и 3 таблицы.

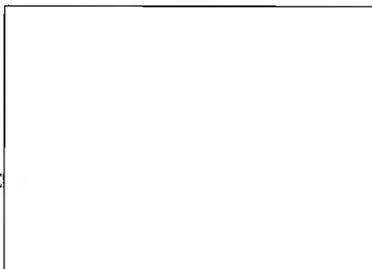
Считаю, что данная работа после соответствующей подготовки, касающейся приведения в порядок табличных материалов с петрохимическими и геохимическими

данными по исходным магматическим породам и околорудным метасоматитам, может быть рекомендована к печати в виде монографии.

Автореферат соответствует тексту диссертационной работы, его структура построена на обосновании 4-х защищаемых положений, которые опубликованы в 10-ти печатных работах, из которых 4 – в изданиях, рекомендованных ВАК.

Работа полностью соответствует требованиям, предъявляемым к диссертациям на соискание ученой степени кандидата наук. Диссертация рекомендуется для проведения защиты, а ее автор Старостин Иван Александрович заслуживает присвоения ему ученой степени кандидата геолого-минералогических наук по специальности 1.6.10 – Геология, поиски и разведка твердых полезных ископаемых, минерагения.

Директор Центра прогнозно-металлогенических исследований
ФГБУ «Институт Карпинского»,
кандидат геолого-минералогических наук



В.В. Шатов

Отзыв составлен 30.09.2024 г.

Сведения об оппоненте:

Шатов Виталий Витальевич

Организация: Федеральное государственное бюджетное учреждение «Всероссийский научно-исследовательский геологический институт им. А.П. Карпинского» (ФГБУ «Институт Карпинского»).



Должность: директор Центра прогнозно-металлогенических исследований

Ученое звание: старший научный сотрудник

Ученая степень: кандидат геолого-минералогических наук по специальности 1.6.10 – Геология, поиски и разведка твердых полезных ископаемых, минерагения.

Я, Шатов Виталий Витальевич, даю согласие на включение своих персональных данных в документы, связанные с работой Диссертационного совета, и их дальнейшую обработку.

