

ОТЗЫВ

на диссертацию Глухова Антона Николаевича «**Металлогения перикратонных террейнов на примере Северо-Востока Азии**», представленную на соискание ученой степени доктора геолого-минералогических наук по специальности 1.6.10. – Геология, поиски и разведка твердых полезных ископаемых, минерагения

Диссертация А.Н.Глухова посвящена металлогении Омолонского и Приколымского перикратонных террейнов, входящих в структуру позднеюрско-раннемеловых орогенных поясов Северо-Востока Азии. В ней проанализированы связи между эволюцией названных региональных структур и пространственным размещением, параметрами и составом руд месторождений, образовавшихся на отдельных этапах их развития, что имеет как теоретическое, так и прикладное значение. Этим определяется *актуальность* работы.

Целью выполненных исследований являлось выявление факторов, определивших металлогенический облик Приколымского и Омолонского террейнов. Для ее достижения решались следующие *задачи*: уточнение тектонической структуры и геодинамической эволюции этих террейнов; изучение геологического строения проявлений благородных и цветных металлов; определение состава и физико-химических условий образования руд, возраста и источников рудного вещества; геолого-генетическая типизация оруденения; определение рудоносных структурно-вещественных комплексов (СВК), их возраста и геодинамической природы; установление этапов рудообразования во взаимосвязи с этапами геотектонической эволюции террейнов и Северо-Востока Азии в целом.

Для решения поставленных задач проанализирован значительный объем публикаций; проведены полевые геологические исследования на 23 разнотипных рудопроявлениях и перспективных участках; по собранному каменному материалу выполнены лабораторно-аналитические работы, включавшие: спектральный, рентгенофлуоресцентный, атомно-эмиссионный с индуктивно-связанной плазмой анализы; минералогические, изотопно-геохимические ($\delta^{34}\text{S}$, $\delta^{18}\text{O}$, $^{206}\text{Pb}/^{204}\text{Pb}$, $^{207}\text{Pb}/^{204}\text{Pb}$, $^{208}\text{Pb}/^{204}\text{Pb}$), изотопно-геохронологические (U-Pb и $^{40}\text{Ar}/^{39}\text{Ar}$) и термобарогеохимические исследования.

Результаты выполненных комплексных работ изложены в представленной к защите диссертации, состоящей из Введения, восьми глав (с 81 рисунком и 38 таблицами), Заключение и Списка литературы (777 наименований). В главах приведено обоснование 4-х защищаемых тезисов. Сделанные выводы в кратком виде сформулированы в Заключении.

Главным выводом является предположение, что различия в металлогении – рудно-формационных типах (РФТ) и масштабах рудных объектов Омолонского и Приколымского террейнов обусловлены их тектоническим строением.

Омолонский массив, начиная с рифея, представляет собой жесткую консолидированную структуру с крутопадающими расколами дорифейского кристаллического фундамента, возникшими в результате эпох сжатия и растяжения в фанерозое. Глубинные разломы способствовали широкому развитию гранитоидного магматизма и формированию масштабных рудных концентраций (примеры – крупные Au-Ag месторождения Кубака и Биркачан), но «сужали» спектр рудных формаций и морфологических типов минерализации (только жильно-прожилковый; стратиформный – отсутствует).

Приколымское поднятие – чешуйчато-надвиговая мобильная структура на всем протяжении своего развития, начиная с раннего протерозоя. Его архейско-раннепротерозойский кристаллический субстрат подвергся поздним складчато-надвиговым и разрывным сбросовым деформациям в сменявших друг друга периодах сжатия и растяжения, что привело, с одной стороны, к разнообразию морфологических типов оруденения (прожилковый и стратиформный – основные) и структур, к которым они приурочены (круто- и пологопадающие разломы и складки), а с другой – способствовало рассеянию рудного вещества по многочисленным мелким структурам и предопределило малый масштаб рудных объектов (Au-редкометалльные – Надежда, Темный, Тый-Юрье; Cu-Mo-порфировые – Невидимка, Опыт, Глухое; Au-Ag – Тимша).

Установленный состав стабильных радиогенных изотопов и их отношения показывают, что рудные формации Приколымского террейна «наследуют» составу вмещающих комплексов, а источники флюидов и металлов располагались в верхней коре. Напротив, рудные объекты Омолонского массива образовались за счет флюидов и рудного вещества, поступивших по глубинным разломам-расколам фундамента с нижнекоровых (либо мантийных) уровней.

Таким образом, ключевыми факторами, определившими особенности металлогении изученных перикратонных террейнов, по мнению автора, являлись сохранность консолидированного кристаллического фундамента и характер его дислоцированности – глыбовый или чешуйчато-надвиговой. Эти факторы определяли обстановки рудообразования, формационный состав и масштабность рудогенеза на каждом из его этапов (с накоплением либо рассеянием рудного вещества в ходе многократных возобновлявшихся геологических событий). В этом состоит главная *научная новизна* работы.

Ее *практическая значимость* заключается в предложенной теоретической основе прогнозирования и поисков месторождений благородных и цветных металлов разных РФТ в Приколымо-Омолонском регионе. В главе 8 «Прогнозная оценка рудоносности» определены их прогнозно-поисковые критерии. Материалы проведенных исследований и сделанные на их основе выводы могут быть использованы при поисковом изучении других перикратонных террейнов. Кроме того, как следует из диссертации и её реферата, под руководством А.Н.Глухова открыты и разведаны ООО «Дюамель» два месторождения золота (Надежда и Тый-Юрье), а также выявлен ряд перспективных рудопроявлений золота, серебра, меди, свинца и цинка.

Актуальность, научная новизна и практическая значимость диссертационной работы отражена представленными в ней объемными материалами полевых геологических исследований и лабораторно-аналитических работ с применением прецизионных минералого-геохимических и изотопно-геохимических методов, а также результатами их анализа. Выдвинутые защищаемые положения в целом обоснованы. Однако, к интерпретации полученных данных есть *вопросы и замечания*, главными из которых являются следующие.

1. Основной идеей работы является выдвинутое положение о том, что главным фактором, определяющим металлогению Приколымского и Омолонского перикратонных террейнов, является геотектонический. От него зависят степень и характер дислоцированности дорифейского кристаллического субстрата названных массивов и соответственно развитие тех или иных рудных формаций, а также масштабность рудных объектов. В качестве источников рудного вещества рассматриваются формации древнего фундамента, прежде всего обогащенные органическим веществом, Cu, Pb и Zn сланцы, присутствующие как минимум на трех стратиграфических уровнях (рифей, поздний девон, поздний карбон), а также красноцветные отложения (рифей, венд, кембрий).

«Существенная роль в разрезе углеродистых сланцев (источников металлов), доломитов (источников рассолов) и глинистых сланцев (флюидоупоров) благоприятствовало образованию высококонцентрированных флюидов, способных выщелачивать и транспортировать металлы. Мобильная надвиговая структура Приколымского террейна способствовала высокой сейсмической активности, которая, с одной стороны, приводила к усилению дегидратации осадков и росту скорости латеральной миграции флюидов (Павлов и др., 1991), а с другой - создавала предпосылки для локального перераспределения металлов. Этот механизм мог формировать руды Fe, Cu, Pb, Zn».

Возникают вопросы. «Действовал» ли этот механизм в отношении Au, Ag, Mo, Bi, Te? Какие формации фундамента террейнов послужили источниками этих металлов в рудах Cu-Mo-порфировых, Au-редкометалльных и эпитеpmальных Au-Ag-x месторождений и проявлений рассматриваемого региона? Сведений по эти вопросам в работе не приведено. Возможность реализации предложенной модели перераспределения рудного вещества с образованием фанерозойских объектов перечисленных РФТ обосновывается лишь ссылками на современные представления о динамике флюидных систем (Петров, 2017; Сох, 2002, 2016) и так называемую «бассейновую концепцию нафторудогенеза» (Аплонов, Лебедев, 2010; Лебедев, 1992).

Роль магматического фактора в образовании объектов Au-редкометалльной, Cu-Мо-порфировой и Au-Ag-ой формаций в работе никак не оценена, хотя при описании конкретных рудопроявлений отмечается их приуроченность к массивам «продуктивных литодинамических комплексов» (рудоносных плутоногенных формаций в традиционном понимании). Магматические очаги не рассматриваются ни как источники металлоносных флюидов, ни как источники тепловой энергии, необходимой для протекания предполагаемых процессов регенерации древних месторождений с образованием новых концентраций металлов. Между тем, по мнению подавляющего большинства отечественных и зарубежных исследователей именно мощные флюидонасыщенные магматические очаги являются основными источниками рудоносных растворов и рассматриваются как главный фактор возникновения месторождений меднопорфировой, редкометалльной, золото-серебряной и ряда других рудных формаций.

Это вовсе не означает отрицание возможности перераспределения рудного вещества в Земной коре. Оно безусловно происходит при ассимиляции металлоносных СВК магматическими расплавами, метаморфизме и др. процессах. В рассматриваемом случае (применительно к изученным террейнам) важна оценка реальных масштабов процессов заимствования и переотложения металлов. Достаточны ли они для формирования месторождений без участия флюидов магматического происхождения? В диссертации нет сведений по этому вопросу, равно как и обосновывающих материалов из цитируемых работ В.И.Шпикермана, А.Т.Королькова, И.П.Кушнарева, М.В.Борисова и др. исследователей.

Для подтверждения предложенной концепции были бы полезны количественные оценки тепло- и массопереноса, моделирование гидродинамических и концентрационных потоков, как это было сделано в свое время А.И.Кривцовым (1991, 1995, 1996, 2001) для меднопорфирировых систем, что позволило с определенной степенью достоверности (в комплексе с минералогическими и изотопно-геохимическими данными) подтвердить возможность интегральной рудоконцентрации в объеме таких систем за счет заимствования металлов из ранних рудообразующих минеральных ассоциаций с их переотложением в виде поздних (при кислотном выщелачивании, наложенном на более ранние высокотемпературные К-кремниевые метасоматиты), а также вещества древних рудных месторождений во вмещающих породах (чаще всего Pb-Zn стратиформных в карбонатных толщах субстрата ВПП), подвергавшихся регенерации в тепловом поле плутонов (примеры: Алмалык в Узбекистане, Бингхэм в США и др.). Выщелоченное из залежей таких объектов рудное вещество могло быть частично переотложено в виде жил и прожилков с полиметаллической минерализацией, характерных для фланговых частей меднопорфирировых штокверков. Но в любом случае, главным источником металлов для порфирировых и сопряженных с ними скарновых и эпитермальных месторождений «остается» магматический.

2. Отмеченные различия в металлогении изученных Омолонского и Приколымского перикратонных террейнов могут быть обусловлены не только геодинамическими обстановками их эволюции, но и геохимической специализацией магматических формаций «наложенных» на них позднепалеозойского Кедонского рифтогенного и позднеюрского Уяндино-Ясачненского окраинно-континентального ВПП. Рудоносные интрузивные формации первого из них, судя по петрографическим характеристикам, принадлежат шошонитовой серии, второго – Na-K известково-щелочной. К сожалению, в работе приведены диаграммы TAS (по Middlemost, 1994) и дискриминационные Rb/Y+Nb, Nb/Y, Rb/Ta+Yb диаграммы (по Pearce et al., 1984) лишь для интрузивных пород Кедонского пояса (по Н.В.Горячеву и др., 2017), сопровождаемые коротким комментарием (в главе 5 – стр. 137); по Уяндино-Ясачненскому – таких диаграмм нет. Петрохимические диаграммы были бы полезны для отнесения интрузивных пород описанных рудных месторождений и проявлений к определенным плутоногенным формациям и магматическим сериям, что могло бы послужить дополнительным (к данным по изотопии серы) доказательством верхнекорового источника рудоносных флюидов для рудных объектов Приколымского террейна и глубинного мантийного – для Омолонского.

3. Для Cu-Мо-порфирировых и сопряженных с ними объёме единых порфириро-эпитермальных систем Au-Ag объектов упомянутые в работе модели возникновения рудовмещающей

трещиноватости за счет сейсмоструктоники (Сох, 2002, 2016; Петров, 2017; Наумов, 2008) вряд ли подходят. Ими невозможно объяснить конформность рудных тел подавляющего большинства меднопорфировых месторождений апикальным частям порфировых интрузивов (штоков, даек), с которыми они сопряжены. Основными механизмами возникновения каркасов мелкой трещиноватости, контролировавшей циркуляцию гидротермальных растворов и рудоотложение, являлись гидроразрыв («взрывная» трещиноватость) в результате дефлюидизации магматических тел при внедрении и кристаллизации и последующая контракция интрузивов при остывании в затвердевшем состоянии, сопровождавшаяся просадками пород кровли с приоткрыванием древних и возникновением новых трещинных структур. Эти процессы довольно подробно описаны в работах Т.М.Лаумулина, М.А.Осипова, В.С.Попова, К.Барнэма и др. исследователей.

Экспериментальные и аналитические данные о влиянии сейсмического воздействия на проницаемость горных пород (Шмонов и др., 2004; Сомов и др., 2010), на которые ссылается автор диссертации, нисколько не противоречат модели образования рудовмещающей трещиноватости медно- и молибден-порфировых, а также редкометалльных месторождений в результате названных процессов. Эта модель также полностью соответствует наблюдаемой на конкретных объектах рудно-метасоматической и минералого-геохимической зональности, подтверждающей, что центрами саморазвивающихся рудно-магматических систем являлись порфировые интрузивы – выступы-апофизы находящихся на глубине крупных плутонов рудоносных формаций (промежуточных магматических очагов).

Сделанные замечания, касающиеся дискуссионных вопросов либо носящие характер пожеланий к дальнейшей деятельности соискателя, не снижают общего благоприятного впечатления от диссертации. Основные выводы по результатам проведенных автором исследований, составляющие суть защищаемых положений, имеют как теоретическое, так и прикладное значение. Они обладают необходимой научной новизной и в достаточной мере обоснованы объемными материалами соответствующих разделов работы. Автореферат отражает содержание диссертации, написан доходчивым языком, сопровождается иллюстрациями и таблицами. Содержание диссертационной работы отражено в многочисленных публикациях автора, в т.ч. в рецензируемых журналах Перечня ВАК. Результаты исследований многократно докладывались на всероссийских научных и научно-практических конференциях и совещаниях.

Диссертационная работа А.Н.Глухова «**Металлогения перикратонных террейнов на примере Северо-Востока Азии**» подготовлена на современном научно-методическом уровне и отвечает всем требованиям ВАК к диссертациям на соискание ученой степени доктора наук, а ее автор заслуживает присвоения ученой степени доктора геолого-минералогических наук по специальности 1.6.10 «Геология, поиски и разведка твердых полезных ископаемых, минерагения».

Начальник отдела металлогении
ФГБУ «ЦНИГРИ»,
доктор геол.-мин. наук
Тел. 8 (499) 315-43-65, доб. 159
E-mail: zvezdov@tsnigri.ru



Вадим Станиславович Звездов

Федеральное государственное бюджетное учреждение «Центральный научно-исследовательский геологоразведочный институт цветных и благородных металлов» (ФГБУ ЦНИГРИ)

Адрес: 117545, Москва, Варшавское шоссе, д. 129, корп. 1.

Я, Звездов Вадим Станиславович, даю свое согласие на включение своих персональных данных в документы, связанные с работой диссертационного совета и их дальнейшую обработку.

07 мая 2025 г.

Подпись В.С. Звездова заверяю:
Секретарь АУП ФГБУ «ЦНИГРИ»



С.В. Подлесных