

## ОТЗЫВ

**на автореферат диссертации на соискание ученой степени доктора геолого-минералогических наук В.С.Звездова «Модели меднопорфировых рудно-магматических систем и месторождений для прогноза, поисков и оценки». Специальность: 1.6.10 – геология, поиски и разведка твердых полезных ископаемых, минерагения**

Гидротермально-плутогенные месторождения меди являются важнейшим геолого-промышленным типом, обеспечивающим более 60% мировой добычи этого металла. Для Российской Федерации данный тип не является главенствующим – большая часть запасов и добычи приходится на медно-никелевые сульфидные месторождения, меньшая – на колчеданные месторождения и медистые песчаники. Однако за последнее десятилетие на территории РФ разведан и подготовлен к добыче ряд крупных медно-порфировых объектов с запасами меди 3-5 млн. тонн.

Возросший интерес к меднопорфировым месторождениям в РФ определяет актуальность задачи, которую поставил перед собою автор – совершенствование геолого-генетических моделей меднопорфировых рудно-магматических систем (РМС) и месторождений, как основы прогнозно-поисковых моделей рудных районов (узлов) и полей для прогноза, поисков и оценки новых месторождений, включая скрытые, не выходящие на дневную поверхность.

В.С.Звездов прекрасно владеет фактическим материалом и уверенно решает поставленные перед работой задачи. В автореферате показаны различия в рудно-металлогенической зональности меднопорфировых РМС базальтоидных и андезитоидных вулканоплутонических поясов (ВПП), что необходимо учитывать при прогнознометаллогеническом районировании. С необходимой полнотой рассмотрены обстановки формирования крупных и сверхкрупных медно-порфировых месторождений. Показано, что наиболее перспективными для поисков крупных месторождений являются сегменты вулканоплутонических поясов, начальный этап развития которых проходил в режиме коллизионного сжатия с перерывом в вулканизме, приводившем к возникновению не глубоко залегающих мощных флюидонасыщенных магматических очагов, питавших гипабиссальные и субвулканические рудоносные порфировые интрузивы. Необходимым условием для рудообразования являются благоприятные структурно-петрофизические обстановки, в частности анизотропия интрузивной рамы, приводившая к появлению структурных ловушек при разрядке тектонических напряжений и наличие малопроницаемых экранирующих толщ, способствовавших образованию флюидных пломов и рудоконцентрации. Влияние таких толщ до сих пор недооценивалось, поскольку на многих объектах они в значительной

мере ассимилированы магматическим расплавом, преобразованы наложенными метасоматическими процессами либо уничтожены эрозией и сохранились лишь в виде ксенолитов на флангах рудных районов и полей. В формировании крупных медно-порфировых месторождений также могут участвовать процессы регенерации древних месторождений различной рудно-формационной принадлежности в тепловом поле интрузивов с переотложением рудного вещества активизированными метеорными водами и флюидами глубинного происхождения на геохимических барьерах концентрации.

Для поисков скрытых месторождений в комплексе с традиционными методами ГРП автор рекомендует применять глубинную сейсмо-, грави- и магнитометрическую съемку с моделированием морфологии интрузивных массивов, космодешифрирование для выделения кольцевых и радиальных тектонических структур, фиксирующих тектонические «просадки» над ними, современные модификации частично-фазового анализа для выявления надрудных солевых ореолов, по интенсивности и размерам в несколько раз превосходящих вторичные ореолы рассеяния элементов, а также современные методы микроанализа, позволяющие по элементам-примесям в минералах-индикаторах выявлять периферийные части пропилитовых ореолов МП РМС в областях регионального зеленокаменного метаморфизма, повсеместно развитого в ВПП.

С использованием метода оценки объемов минерализованной трещиноватости и петрофизического анализа рудовмещающих толщ, установлено, что деформационная природа вмещающих пород влияла на морфологию порфировых интрузивов, форму, строение и тенденции развития в пространстве сопряженных с ними рудоносных штокверков, механизмы возникновения рудовмещающих трещинных каркасов, и, в конечном итоге, на содержания металлов в рудах и запасы месторождений, что необходимо учитывать при их поисках и оценке. Для объектов разных структурно-петрофизических обстановок локализации оценены направленность и масштабы изменения фильтрационных и упруго-прочностных свойств вмещающих пород в ходе окологрудных метасоматических преобразований. Установлено, что параметры этих свойств и рассчитанные по ним значения комплексного петрофизического и аномального рудно-петрофизического коэффициентов в качестве дополнительных критериев могут использоваться при оконтуривании минерализованных зон.

Градиентно-векторные концентрационные модели рудных тел меднопорфировых месторождений и сопровождающих их геохимических ореолов, построенные автором по ряду изученных объектов, позволила расшифровать структуру гидротермальных рудообразующих систем, оценить их параметры, выявить пространственно-временную эволюцию гидротермальных потоков. Результаты моделирования в комплексе с изотопно-геохимическими данными, расчетами тепломассопереноса и изученными по публикациям

параметрами современных геотермальных систем привели к выводу о том, что смешанно-флюидная конвективно-рециклинговая геолого-генетическая модель наиболее полно (количественно) «описывает» условия формирования меднопорфировых месторождений. Она предполагает двойственную природу транспортирующих агентов (флюидов, растворов) и рудного вещества: магматогенную (мантийную и коровую) и инфильтрационную (метеорную), а в качестве проводников тепла и металлоносных флюидов от магматических очагов – порфировые интрузивы и брекчиевые трубки. Многооборотная циркуляция гидротермальных растворов на средних и поздних стадиях развития РМС приводит к частичному перераспределению металлов в их объемах.

По изученным пространственно-временным соотношениям вулканогенных и плутоногенных формаций и сопряженных с ними продуктов рудогенеза для ВПП Востока России автором выделены три основные группы (типы) меднопорфировых РМС: на сочленении выступов фундамента вулcano-плутонических поясов (ВПП) с вулcano-тектоническими депрессиями, в магматогенных поднятиях субстрата ВПП и в вулcano-купольных структурах. С учетом этих моделей проведено прогнозно-металлогеническое районирование восточных регионов России на меднопорфировые и сопряженные руды. В перспективных металлогенических зонах Амурско-Сихотэ-Алиньской и Корьякско-Камчатской минерагенических провинций выделены и оконтурены потенциальные рудные районы и узлы с ранжированием по рекомендуемой очередности постановки ГРР различного масштаба.

Приведенные в диссертационной работе материалы обобщения мирового опыта изучения меднопорфировых месторождений в сочетании с результатами личных исследований ряда объектов данного типа в России, Узбекистане и Казахстане, выполненных с применением оригинальных специализированных методик изучения рудоконтролирующих структур и рудовмещающих пород, позволили автору решить основные поставленные задачи по совершенствованию геолого-генетических моделей меднопорфировых РМС и принадлежащих им месторождений меди, полиметаллов, золота и серебра, а на их основе прогнозно-поисковые модели рудных районов (узлов) и полей. Эти модели использованы при прогнозно-металлогеническом районировании территории восточных регионов РФ на меднопорфировые и сопряженные руды, по результатам которого составлена серия специализированных мелко- и среднemasштабных прогнозных карт ДФО и его субъектов, выделены перспективные для поисков новых месторождений площади, подготовлены рекомендации по направлениям ГРР.

В качестве замечаний к реферату можно отметить следующее.

Судя по реферату, в диссертационной работе недостаточно внимания уделено описанию первичных геохимических ореолов рудных элементов изученных месторождений, хотя

именно они являются весьма показательными индикаторами геолого-структурных особенностей локализации объектов, в том числе под малопроницаемыми экранирующими толщами. А такие материалы у автора имеются, в частности по золото-молибден-порфировому месторождению Кызата в Узбекистане (опубликованы в журнале «Геология рудных месторождений» еще в 1986 г.)

В разделе модернизация методов и технологий поиска скрытых месторождений следовало бы упомянуть о последней разработке китайских геохимиков, посвященной наземным атмосферическим поискам рудных месторождений путем улавливания металлосодержащих минеральных микрочастиц, транспортируемых воздушными потоками от погребенных рудных тел к земной поверхности.

Оценивая диссертационную работу в целом, можно отметить ее научную и практическую актуальность. Сделанные замечания имеют рекомендательный характер и не снижают хорошего впечатления от добротной работы.

Диссертация Вадима Станиславовича Звезда является законченной научно-исследовательской работой, соответствующей современному научному уровню. Она отвечает всем требованиям ВАК к диссертациям, представляемым на соискание ученой степени доктора наук, а ее автор, несомненно, заслуживает присуждения ученой степени доктора геолого-минералогических наук по специальности 1.16.10 «Геология, поиски и разведка твердых полезных ископаемых, минерагения».

Ведущий научный сотрудник отдела  
цветных металлов ФГБУ «ЦНИГРИ»,  
кандидат геол.-мин. наук

Миляев Сергей Анатольевич

09 сентября 2022 г.

Миляев Сергей Анатольевич, ведущий научный сотрудник, кандидат геолого-минералогических наук. Федеральное государственное бюджетное учреждение «Центральный научно-исследовательский геологоразведочный институт цветных и благородных металлов» (ФГБУ «ЦНИГРИ»). Адрес: 117545, г. Москва, Варшавское шоссе, д.129, корп. 1