

ОТЗЫВ

официального оппонента на диссертацию Бухановой Дарьи Сергеевны «Минералогическо-геохимические особенности Малмыжского золото-медно-порфирирового месторождения, Хабаровский край», представленную на соискание ученой степени кандидата геолого-минералогических наук, по специальности 25.00.11 – геология, поиски и разведка твердых полезных ископаемых, минерагения

Диссертационная работа Д. С. Бухановой посвящена исследованиям вещественного состава и выявлению условий формирования руд Малмыжского золото-медно-порфирирового месторождения. Это месторождение, крупное по запасам меди и золота, открыто в последние годы (запасы утверждены в 2015 году) и как новый объект требует детального исследования всех его характеристик. Месторождения золото-медно-порфирирового типа немногочисленны на территории Российской Федерации, поэтому выявление таких объектов важно для расширения минерально-сырьевой базы благородных и цветных металлов. Вместе с этим, исследования золото-медно-порфирировых месторождений как типичных примеров объектов плутогенно-гидротермального генетического класса, важны для выяснения закономерностей поведения золота и сопутствующих компонентов в ходе развития магматогенно-гидротермальных рудообразующих систем. Все это определяет актуальность, научную и практическую значимость представленной диссертационной работы.

Диссертация Д. С. Бухановой состоит из введения, четырех глав и заключения, общим объемом 200 стр., включает 96 рисунков, 30 таблиц и список литературы, содержащий 242 наименования, в том числе 13 фондовых источников.

Во введении диссертант обосновывает актуальность исследований, показывает научную новизну и практическую значимость своей работы. Автором получены новые данные о минералогическом составе руд, физико-химических условиях их образования, а также определен изотопный возраст руд и рудогенерирующих магматических пород. Полученные данные можно использовать при прогнозно-поисковых работах.

В первой главе приводится краткий литературный обзор золото-медно-порфирировых месторождений: типы, состав руд и морфология рудных тел, генетические модели формирования, возраст.

Во второй главе рассматривается геологическое строение Малмыжского месторождения, также приведены сведения о геологической изученности площади. Установлено, что золото-медное оруденение слагает штокверковые зоны, развитые в пределах порфирировых штоков, подверженных вторичным изменениям. Во

заключительной части главы (раздел 2.4.) приведены результаты U-Pb датирования магматических пород по циркону и $^{40}\text{Ar}/^{39}\text{Ar}$ датировки калиевого полевого шпата из околорудных метасоматитов.

По результатам геохронологических исследований сформулировано первое защищаемое положение: *Малмыжское золото-медно-порфировое месторождение формировалось во временном интервале от 101.4 до 94.3 млн лет, что подтверждается U-Pb определениями возраста (по цирконам) рудоносных штоков диорит-гранодиоритового состава и $^{40}\text{Ar}/^{39}\text{Ar}$ определениями времени возникновения калиевого полевого шпата в ореолах метасоматических преобразований, сопровождающих такие штоки.*

Замечания к главе 2:

1. В рассматриваемой главе (гл. 2) отсутствует описание собственно рудных тел. Лишь в начале следующей главы (гл. 3, первый абзац) указано только, что они представляют собой «...штокверки неоднородного строения...». Однако ни во второй ни в третьей главе не приводятся морфологические параметры и особенности строения этих штокверков.
2. Почему $^{40}\text{Ar}/^{39}\text{Ar}$ датирование проведено только по калиевому полевому шпату? Судя по описанию метасоматитов, в них присутствуют и другие минералы, пригодные для датирования (биотит, серицит).

Третья глава диссертации – наиболее обширная, занимает почти половину объема всей работы. В начале главы описываются типы руд на разных участках, петрография и геохимия околорудных метасоматитов. Основная часть главы посвящена подробному описанию рудных и сопутствующих минералов. Здесь детально рассмотрены особенности морфологии и химического состава минералов, установлены формы нахождения главных полезных компонентов – меди и золота. На месторождении диагностировано большое разнообразие минеральных видов рудных минералов, которые представлены сульфидами, сульфосолями, теллуридами и селенидами, самородными элементами. В халькопирите были определены изотопные составы меди, соответствующие составам медно-порфировых месторождений. Из благородных металлов, наряду с минералами золота и серебра, в рудах впервые выявлены минералы ЭПГ, представленные преимущественно соединениями палладия. Подробно рассмотрены особенности морфологии и состава самородного золота. Особенностью руд является также наличие относительно большого количества редкоземельных минералов. На основе минералогических исследований выделены парагенетические ассоциации минералов и стадии минералообразования. Глава

хорошо иллюстрирована, насыщена табличными данными по химическим составам минералов.

Материалы, представленные в третьей главе, позволили выдвинуть второе защищаемое положение: *На месторождении выделяются три стадии рудообразования. Первая характеризуется окварцеванием и калиевым метасоматозом с отложением халькопирит-магнетит-пиритовой минерализации. Во вторую стадию происходило развитие кварц-серицит-хлоритовых метасоматитов с отложением основной массы пирит-халькопиритовых руд. Третья стадия представляет собой наложение минералов эпитермального генезиса на сформированную ранее пирит-халькопиритовую минерализацию, и связана с кварц-серицитовым метасоматозом и накоплением благороднометалльных минералов, сульфосолей, теллуридов, селенидов, а также поздних генераций пирита, халькопирита, борнита и халькозина.*

Замечания к главе 3:

1. Автором установлено относительно широкое распространение минералов редкоземельных элементов в рудах, но не приводятся данные по содержаниям этих элементов, что не позволяет оценить промышленную значимость редкоземельного оруденения. Не приведены данные и о концентрациях элементов платиновой группы.
2. На стр. 105 указано, что с увеличением пробыности самородного золота «...увеличивается количество золота в образцах и размеры зерен...», однако убедительных доказательств этого не приводится. На рис. 3.29, возможно, более наглядным было бы привести гистограмму распределения пробыности.
3. На общей схеме последовательности минералообразования (рис. 3.60, стр. 152) обозначено четыре стадии, однако в следующей строке показаны порфировая и эпитермальная стадии (или этапы?). В тексте работы об этих стадиях (этапах?) ничего не сказано.

В четвертой главе приведены результаты термобарогеохимических исследований, позволивших определить физико-химические условия образования руд Малмыжского месторождения. Автором выделено пять типов включений, различающихся как по фазовому составу, так и по физико-химическим условиям захвата. Выявлены как высокотемпературные расплавные включения, отражающие магматический этап, так и флюидные и кристаллофлюидные включения, захваченные на постмагматическом этапе. На основе полученных данных прослежена эволюция P-T параметров минералообразования. Общий интервал измеренных температур гомогенизации

включений составляет от 1100°C до почти 100°C. Солевые системы представлены хлоридами Na, K, Fe с примесями S и Si.

Результаты термобарогеохимических исследований позволили автору выдвинуть третье защищаемое положение: *Начало формирования месторождения с появлением ранних кварцевых прожилков происходило при температурах от 730 до 670°C на глубине 2.5–3 км. Золото-медно-порфировые руды формировались в постмагматической гидротермальной обстановке в диапазоне температур от 580 до 330°C на глубине 1–2 км.*

Замечания к главе 4:

1. Автором указано, что флюидные включения изучались в кварцевых прожилках и кварцевых метасоматитах (кварцитах) (стр. 158). В таком случае непонятно происхождение расплавных включений. Согласно авторской интерпретации они «...представляют собой первичные включения в магматическом кварце, захваченном растущими кварцевыми прожилками...». Однако формирование кварцевых прожилков в штокверке обусловлено появлением системы трещин, залеченных гидротермальным кварцем. Следовательно первичный магматический кварц в этих прожилках должен отсутствовать.
2. Не указано каковы пространственно-временные соотношения разных типов включений.
3. На рис. 4.10 приведена фазовая P-T диаграмма для системы H₂O-NaCl, однако в тексте диссертации не говорится об определениях значений давления при минералообразовании. Откуда тогда взяты данные для построения P-T диаграммы?
4. Рассматриваемые в главе температурные условия минералообразования основаны на замерах температур гомогенизации флюидных включений. Но как известно, температуры гомогенизации далеко не всегда соответствуют истинным температурам захвата ФВ. Учитывалось ли это при дальнейшей интерпретации данных?

Заключение суммирует основные результаты, полученные автором в ходе выполнения исследований в рамках представленной диссертационной работы. Обширный список использованной литературы показывает высокий уровень владения материалом.

Высказанные замечания не снижают научную и практическую ценность представленной работы. Диссертация Бухановой Д. С. представляет собой законченное научное исследование, цель и задачи которого выполнены на высоком научном уровне. Диссертация написана хорошим научным языком, хорошо иллюстрирована. Результаты работы основаны на достаточном фактическом материале, с применением современных

