

ОТЗЫВ

члена диссертационного совета на диссертацию Азарян Адель Маратовны на тему: «Минералого-геохимическая характеристика и проблемы генезиса золоторудного месторождения Кутын, Хабаровский край», представленную на соискание ученой степени кандидата геолого-минералогических наук по научной специальности 1.6.4. Минералогия, кристаллография. Геохимия, геохимические методы поисков полезных ископаемых

Диссертационная работа А. М. Азарян посвящена исследованию золоторудного месторождения Кутын, расположенного на Дальнем Востоке России, фактически на сочленении Монголо-Охотского складчатого и Охотско-Чукотского вулканогенного поясов, металлогеническая специализация которых значительно отличается.

Актуальность работы обусловлена отсутствием данных по составу, условиям формирования и генезису этого месторождения, что не позволяет провести достоверную типизацию золотого оруденения, необходимую для дальнейших прогнозно-металлогенических исследований. Кроме того, месторождение является важным сырьевым объектом и уже вовлекается в промышленную разработку.

Работа основана на оригинальном фактическом материале, включающем коллекции образцов гранодиоритов и рудоносных метасоматитов, отобранных из керна скважин. Достоверность полученных данных определяется применением комплекса современных минералого-петрографических, термобарогеохимических и химико-аналитических исследований, а также наличием двух публикаций в рецензируемых изданиях из списка ВАК и участием с докладами в восьми научных конференциях.

Научная новизна значимость работы заключается в получении новых данных по минеральному составу руд, возрасту гранитоидов и метасоматитов, физико-химическим условиям рудообразования. Практическая значимость определяется возможностью уточнения технологии переработки руд с учетом данных по их вещественному составу, а также использованием данных, приведенных в диссертации, для поисковых работ на сопредельных территориях.

Работа состоит из введения, 8 глав, заключения, списка литературы и двух приложений. Содержит 134 страницы, в том числе таблиц, 58 иллюстраций, список литературы, включающий 195 наименования, 2 приложения.

Целью исследования является выявление минералого-геохимических особенностей рудоносных метасоматитов и физико-химических условий рудообразования золоторудного месторождения Кутын.

Автором проведено изучение петрографии и геохимии рудовмещающих гранодиоритов Биранджинского массива, показаны петрогеохимические характеристики массива и сделан вывод о формировании гранитоидов в условиях активной континентальной окраины. Изотопный возраст гранитоидов определен в 90.7 ± 1.7 млн лет, что соответствует позднему этапу магматизма Хингано-Охотского вулканоплутонического пояса. Здесь же следует отметить, что возраст метасоматитов, определенный по трем точкам на Rb-Sr изохроне, имеет значение 79.3 ± 0.5 млн лет, что на 10 млн лет моложе, чем возраст вмещающих гранодиоритов.

Подробно описаны минералого-петрографические характеристики рудоносных метасоматитов. Показано, что по составу эти метасоматиты отвечают березитам. Изучены изменения геохимических характеристик гранитоидов в ходе метасоматических

преобразований. Приведено детальное описание рудных минералов, главными из которых являются пирит и арсенопирит, также присутствуют блеклые руды (тетраэдрит), минералы теллуридной ассоциации, а также значительное разнообразие второстепенных минералов. Установлено, что продуктивный гидротермально-метасоматический этап включает метасоматическую и жильную стадии, в составе которых выделяются пирит-арсенопиритовая, золото-тетраэдрит-арсенопиритовая, золото-пиритовая и теллуридная ассоциации. Также выделены минеральные ассоциации гипергенного этапа. В отдельном разделе приведено описание возможных форм нахождения золота в рудах.

Физико-химические параметры рудообразования изучены по данным минеральной и изотопной термобарометрии, а также на основе комплекса термобарогеохимических исследований флюидных включений в рудном кварце и карбонатах. Установлено, что формирование золотого оруденения происходило на фоне снижения температуры от среднетемпературных условий золото-тетраэдрит-арсенопиритовой (240–370°C) ассоциации к низкотемпературным жильным золото-пиритовой (190–220°C) и теллуридной (140–165°C) из хлоридных флюидов низкой солености с газовой фазой углекислотного состава с примесью метана и азота. Термобарогеохимические исследования дополнены также данными по валовому термическому анализу кварца.

Изотопно-геохимические исследования кислорода показали магматогенную природу рудообразующих флюидов, с примесью метеорных вод. Изотопный состав серы также подтверждает магматический источник. Предварительные данные по изотопному составу свинца показали верхнекоровый источник с участием вещества древнего фундамента.

В заключительной, восьмой главе рассматриваются вопросы генезиса руд. Все полученные данные свидетельствуют в пользу отнесения месторождения Кутын к типу золоторудных месторождений, связанных с интрузиями (intrusion-related).

Автором сформулировано четыре защищаемых положения, обоснование которых приведено в соответствующих главах работы.

Первое защищаемое положение *«Золотоносные метасоматиты месторождения Кутын развиваются по гранодиоритам Биранджинского массива и вмещающим их песчаникам, представлены серицит-карбонат-кварцевыми метасоматитами березитовой формации. Установлены пять рудоносных минеральных ассоциаций, сформированных в два этапа. Гидротермально-метасоматический этап включает в себя метасоматическую и жильную стадии, в которых выделяются пирит-арсенопиритовая, золото-тетраэдрит-арсенопиритовая, золото-пиритовая и теллуридная ассоциации. Гипергенный этап проявлен в развитии гётит-арсенатной ассоциации»* обосновано данными глав 3-5.

Обоснование второго защищаемого положения *«Формирование золотоносного оруденения происходило на фоне снижения температуры: от 240–370°C для золото-тетраэдрит-арсенопиритовой ассоциации до 190–220°C для жильной золото-пиритовой из Ca-Mg-Na-K-хлоридных растворов с уменьшением концентрации солей от 9,21 до 0,71 мас. % экв. NaCl. Теллуридная ассоциация формировалась при 140–165°C из Ca-Na-хлоридных флюидов низкой солености (от 1,23 до 2,90 мас. % экв. NaCl). Давление минералообразования оценивается интервалом 0,9–1,6 кбар»* приведено в главе 6.

Третье *«Вариации изотопного состава кислорода от +10,4...+11,4 ‰ $\delta^{18}O$ в кварце из метасоматитов до 18,0 ‰ $\delta^{18}O$ в кварце из жил являются следствием смешения флюидов различного происхождения – изотопно тяжёлого магматогенного и изотопно лёгкого метеорного. Узкий интервал значений изотопного состава серы -1,4...1,4 ‰ $\delta^{34}S$ в сульфидах*

свидетельствует о едином магматогенном источнике рудного вещества. Изотопные характеристики Pb в сульфидах месторождения Кутын подтверждают верхнекоровую природу источника, при незначительной роли мантийного компонента» и четвертое «Изотопно-геохронологическими исследованиями установлено, что рудоносные кварц-серицит-карбонатные метасоматиты – $79,3 \pm 0,5$ млн лет (Rb-Sr изохрона), сформировались на 10 млн лет позднее вмещающих гранодиоритов второй фазы Биранджинского массива – $90,7 \pm 1,7$ (U-Pb, по циркону, SHRIMP) и $92,7 \pm 0,4$ млн лет (Rb-Sr эрохрона), что позволяет предполагать аллометасоматическую природу золотого оруденения месторождения Кутын» защищаемые положения обоснованы данными главы 7.

Некоторые замечания к диссертационному исследованию:

1. При описании геологического строения указано, что руды – прожилково-вкрапленные, далее приведен список рудных тел с их названиями. Однако не описано, что представляют собой эти рудные тела, из описания можно лишь понять, что в составе рудных тел присутствуют прожилки и брекчии, но ни их соотношения, ни другие параметры рудных тел (форма, мощность, протяженность, содержания полезных компонентов и др.) не приведены. Более того, в дальнейшем в тексте есть упоминания о наличии кварцевых жил (к примеру – золото-пиритовая ассоциация названа «жилной»), хотя в геологическом описании сведения о наличии кварцевожилных тел отсутствуют.

2. Метасоматиты по составу соответствуют березитам но, чаще всего они называются не березитами, а «кварц-карбонат-серицитовыми метасоматитами», хотя в ряде случаев применяется термин «березит». Лучше называть их одним термином.

3. Описание рудных минералов в работе сразу построено по ассоциациям. Однако на каком основании выделены эти ассоциации и каковы их пространственно-временные соотношения, подробно не описано.

4. Согласно рис. 5.12 кварц развивается во всех ассоциациях, однако кварцевые прожилки описаны только в золото-пиритовой ассоциации, остальные названы. В каком виде тогда присутствует кварц в метасоматических ассоциациях?

5. На стр. 32 приведен вывод о том, что вещество метасоматитов заимствуется из породообразующих минералов вмещающих гранодиоритов, однако доказательств этого не приведено, лишь ссылка на работу В. Ф. Барабанова.

6. Давления флюида (стр. 67) нельзя оценить по составу амфиболов из вмещающих гранодиоритов, тем более, что автором сделан вывод об относительно молодом возрасте метасоматитов.

7. При исследовании ФВ в кварце золото-тетраэдрит-арсенопиритовой ассоциации также изучались вторичные включения, однако данные по ним в дальнейшем никак не обсуждаются. Для чего тогда они изучались? Опять же, в геологическом описании указано, что эта ассоциация развита в метасоматитах, наличие кварцевых прожилков не упоминается.

8. На стр. 74 (нижний абзац) указано, что одинаковые соотношения фаз свидетельствуют о захвате флюида в условиях, соответствующих кривой двухфазового равновесия на фазовой диаграмме вода-соль и позволяет считать температуры гомогенизации ФВ истинными. Этот вывод ошибочный, поскольку нахождение в условиях, отвечающих двухфазовому равновесию, можно установить только по наличию включений гетерогенного захвата.

Мелкие замечания:

1. На некоторых рисунках (например, рис. 3.1. и 3.2., 3.5-3.7.) отсутствуют пояснения, что указано на рис. «а» и на рис. «б».

2. Пересчет температуры по изотопным составам кварцу и серициту в пробе К-349 (табл. 7.3) показал значение 291°C, а не 250°C как указано автором.

Несмотря на сделанные замечания, работа оставляет хорошее впечатление. Написано грамотным научным языком, имеет несомненные достоинства, новизну, научную и практическую значимость. Основные защищаемые положения вполне обоснованы приведенным фактическим материалом. Следует отметить высокий научный уровень исследований и интерпретации полученных данных.

С учетом всего вышесказанного полагаю:

Содержание диссертации Азарян Адель Маратовны на тему: ««Минералогическая характеристика и проблемы генезиса золоторудного месторождения Кутын, Хабаровский край» соответствует специальности 1.6.4. Минералогия, кристаллография. Геохимия, геохимические методы поисков полезных ископаемых;

Диссертация является научно-квалификационной работой, в которой содержится решение научной задачи, имеющей значение для развития отрасли знаний – геохимии рудообразующих систем. В работе изложены новые данные по составу руд, условиям формирования и генезису золоторудного месторождения Кутын, что имеет существенное значение для развития минерально-сырьевой базы страны.

Нарушений пунктов 9, 11 Порядка присуждения Санкт-Петербургским государственным университетом ученой степени кандидата наук соискателем ученой степени мною не установлено.

Диссертация соответствует критериям, которым должны отвечать диссертации на соискание ученой степени кандидата наук, установленным приказом от 19.11.2021 № 11181/1 «О порядке присуждения ученых степеней в Санкт-Петербургском государственном университете» и рекомендована к защите в СПбГУ.

Член диссертационного совета

Доктор геолого-минералогических наук,
заместитель директора по научной работе
ГИН СО РАН

Дамдинов Булат Батуевич

23.10.2023 г.

