

ОТЗЫВ ОФИЦИАЛЬНОГО ОППОНЕНТА

на диссертацию Шапаренко Елены Олеговны «Физико-химические условия формирования золоторудных месторождений Благодатное и Доброе (Енисейский Кряж)», представленную на соискание ученой степени кандидата геолого-минералогических наук, по специальности 1.6.10 – геология, поиски и разведка твердых полезных ископаемых, минерагения

Месторождения золота на территории Енисейского Кряжа разрабатываются, начиная с XIX века, а в настоящее время данный регион является крупнейшим золотодобывающим районом России. Объектами исследования диссертационной работы Е. О. Шапаренко явились два золоторудных месторождения (Благодатное и Доброе), значительно различающиеся по объему оруденения и, соответственно, по запасам полезного компонента, практически на порядок. Актуальность исследований определяется тем, что изучение физико-химических условия формирования золотого оруденения важны для понимания процессов формирования месторождений золота и установления закономерностей их распределения в земной коре. Такие работы, несомненно имеют как научную, так и в практическую значимость.

Диссертация Е. О. Шапаренко состоит из введения, пяти глав и заключения, содержит 205 страниц текста, 30 рисунков и 38 таблиц. Список литературы состоит из 134 наименований. Следует отметить наличие большого объема (100 стр.) приложений с результатами микрорентгеноспектрального анализа рудных минералов и газовой хромато-масс-спектрометрии летучих компонентов, выделенных из жильных и рудных минералов.

Во введении диссертант обосновывает актуальность исследований, показывает научную новизну, теоретическую и практическую значимость своей работы. Целью исследований является установление физико-химических условий и источников флюидов, принимавших участие в формировании изучаемых золоторудных объектов. В соответствии с поставленной целью сформулировано пять задач. Автором в результате проведенных исследований получены новые данные по Р-Т-Х параметрам формирования кварцевожильных зон месторождений Благодатное и Доброе, впервые определен состав летучих компонентов методом газовой хромато-масс-спектрометрии. Указано, что установленные особенности физико-химических условий формирования руд могут найти применение при поисках и оценке новых месторождений и рудопроявлений золота.

Замечания к разделу:

1) Возникает вопрос, почему в задачах отсутствуют изучение геологического строения и минерального состава изучаемых месторождений? Ведь данные по составу минералов и

минеральных ассоциаций также могут дать значительный объем информации по физико-химическим условиям рудообразования.

2) Отсутствует обоснование выбора изучаемых объектов, кроме того факта, что они различаются по запасам руд, учитывая, что по данным самого же автора, в пределах Енисейского кряжа известно более 120 рудных объектов.

В главе 1 очень кратко представлены сведения о геологии и минеральном составе изученных месторождений – Благодатное и Доброе. Приведены сведения о рудовмещающих толщах, структуре рудных полей и об особенностях минерального состава руд, выделены стадии рудообразования. Глава написана очень сжато, что, по-видимому, является следствием отсутствия изучения геологии и минералогии в задачах, стоящих перед диссертантом. Отсюда достаточно много замечаний:

1. На стр. 11 указано, что месторождение Благодатное залегает в отложениях кординской свиты, однако состав этих отложений не приводится.

2. При описании строения рудных тел и стадий минералообразования отсутствуют ссылки на предшественников.

3. В составе руд месторождения Благодатное описано всего 8 рудных минералов и самородное золото. Обычно на крупных месторождениях минеральный состав руд более разнообразен.

6. Кварц – один из самых важных минералов в рассматриваемой работе, однако его описание очень краткое, причем на стр. 16 говорится о том, что кварц формировался в течение всех трех стадий рудообразования. Следовательно, как минимум, должны быть выделены три генерации кварца.

7. Отмечается присутствие углеродистого вещества в кварце (стр. 16), однако его происхождение в дальнейшем не обсуждается. Ничего не говорится о том, есть ли углерод во вмещающих породах? Это углеродистые сланцы или безуглеродистые?

8. В описании строения месторождения Доброе (стр. 19) также отсутствует описание состава вмещающих отложений.

9. Размер месторождения Доброе сопоставим с размером месторождения Благодатное, но запасы различаются практически на порядок. С чем это связано?

10. На месторождении Доброе выделено две разновидности кварца, одна из которых образует жилы выполнения, а другая – метасоматическая. Однако на рис. 6 обе разновидности слагают единый агрегат. Каким образом в дальнейшем их разделяли для анализа летучих компонентов?

В главе 2 рассмотрены применяемые методы. Описания используемых методик достаточно подробны, и замечаний не вызывают, кроме одного, но очень важного. На стр.

24 в нижнем абзаце указано, что «...в большинстве экспериментов было отмечено, что флюид близок к линии двухфазового равновесия, поэтому $T_{\text{гом}}$ рассматриваются в качестве температур захвата включений...», но не указано, какие конкретно признаки привели к такому выводу. В дальнейшем, при описании результатов термобарогеохимических исследований, признаки гетерогенного захвата включений не обсуждаются.

Глава 3 – самая главная в работе и посвящена изучению физико-химических условий формирования месторождений Благодатное и Доброе. В главе приведены результаты термобарогеохимических исследований флюидных включений (ФВ) в кварце и кальците рассматриваемых месторождений. Описаны типы ФВ и определены физико-химические параметры – температуры гомогенизации, эвтектики, общие солености флюидов и др. По данным рамановской спектроскопии определены газовые составы включений и установлено, что главными летучими компонентами являются CO_2 , N_2 , CH_4 . В этой же главе приведены данные о содержании летучих компонентов в валовых составах жильных (кварц, кальцит) и рудных (самородное золото, пирит, арсенопирит) минералах, полученные методом газовой хромато-масс-спектрометрии. Установлено что в самородном золоте, среди летучих компонентов преобладают углеводороды, азот-, серо- и хлорсодержащие соединения, тогда как в жильных минералах преобладают вода и уголекислота, но органические соединения также присутствуют в значительном количестве.

Данные приведенные в главе 3 обосновывают первое и второе защищаемые положения:

Первое защищаемое положение: *Кварцево-жильные зоны золоторудных месторождений Благодатное и Доброе сформированы гидротермальными растворами в интервале температур 180 – 360 °С, давлений – 0.2 – 2.6 кбар и солености от 1.5 до 16.5 мас. % (NaCl-экв.), характерных для золотого оруденения Енисейского края.*

Второе защищаемое положение: *Минералообразующие флюиды содержали H_2O , CO_2 , углеводороды и кислородсодержащие органические соединения, S-, N- и галогенсодержащие соединения. Два типа флюида принимали участие в формировании кварцево-жильных зон месторождений Благодатное и Доброе: водно-углекислотный и углекислотно-углеводородный. Золотоносные ассоциации были сформированы более восстановленными углекислотно-углеводородными флюидами.*

Замечания к главе 3:

1. Одно из главных замечаний – кроме исследования ФВ, для определения Р-Т параметров минералообразования никак не используются другие методы термобарометрии – минеральные, изотопные и др., с чем это связано?

2. В минералогическом разделе нет подробного описания кварца и кальцита, хотя наиболее важные (в данном случае) минералы, поскольку в них были изучены флюидные включения. Кварцы разделены по стадиям минералообразования (предрудный, рудный и пострудный), однако какие-либо различия в химическом составе или морфологии этих кварцев не обсуждаются.

3. Автором в кварце месторождения Благодатное установлено три типа включений, различающихся по фазовому составу, но не уточнены взаимоотношения этих типов. Возможно это, в совокупности с наличием высокосолёных включений, как раз и свидетельствует о гетерогенном состоянии флюидов в момент захвата, но в диссертации этот момент не обсуждается.

4. На стр. 40 в первом абзаце говорится о наложении слабосолёных и высокосолёных растворов на существующие кварцевые жилы. Возникают вопросы, а из каких растворов и когда сформировались эти жилы? Каков источник ранних и поздних флюидов?

5. На этой же странице, во втором абзаце сказано, что появление разных генераций ФВ обусловлено полистадийным характером минералообразования. Эта полистадийность должна быть выражена и в минеральном составе оруденения.

6. «Жильным» кварцем обычно называют любой кварц, слагающий кварцевую жилу. В данном же случае «жильным» назван кварц более поздней генерации, секущий ранний гранобластический кварц. Термин «жильный» подобран не совсем удачно. Нужно было бы привести более подробное петрографическое описание кварца (это замечание уже указано).

7. На стр. 62, в 3 абзаце указывается о возможности миграции золота в составе коллоидных растворов, что должно было быть выражено в соответствующих текстурах и структурах руд. Есть ли такие текстуры/структуры в рудах исследуемых месторождений?

В главе 4 приведены данные по изотопным исследованиям руд месторождений Благодатное и Доброе, на основании чего оценены возможные источники рудоносных флюидов. Были изучены следующие изотопные системы: изотопный состав гелия в ФВ, изотопный состав серы сульфидов, изотопный состав углерода в ФВ. Информация об изотопных характеристиках флюидов, непосредственно законсервированных во включениях весьма редка и её наличие является одним из достоинств представленной работы. На основе полученных изотопно-геохимических характеристик, автором подтверждается многостадийный характер формирования исследуемых месторождений и сделан вывод о существенно коровой природе рудообразующих флюидов. По данным, приведенным в главе 4 автором сформулировано третье защищаемое положение:

Изотопный состав гелия ($^3\text{He}/^4\text{He}=0.14\pm0.3$), серы сульфидов ($\delta^{34}\text{S}=1.9-20.1$) и углекислоты во флюидах ($\delta^{13}\text{C}= -2.8\ldots-20.9$), сформировавших месторождения Благодатное и Доброе, указывают на коровый источник минералообразующих флюидов.

Замечания к главе 4:

1. Одним из важных параметров, используемых для оценки источников вещества гидротермальных растворов является изотопный состав кислорода в жильных и кислородсодержащих рудных минералах. Почему этот метод не был использован в данной работе?

2. Сам термин «коровый флюид» требует пояснений. Он может быть сформирован при коровом магматизме (плавлении коровых субстратов), либо при метаморфогенной деволатилизации, либо при просачивании поверхностных или околоповерхностных вод на глубинные уровни.

В главе 5 рассмотрены результаты изотопного датирования руд и околорудных пород месторождения Благодатное. Глава небольшая по объему. На основе $^{40}\text{Ar}/^{39}\text{Ar}$ датирования мусковита из динамометаморфизованных сланцев и рудных жил автором получена серия изотопных возрастов в общем интервале 735 – 799 млн лет, что интерпретируется как следствие длительного (около 100 млн лет) процесса рудообразования. Полученный возрастной интервал коррелируется с периодом континентального рифтогенеза рассматриваемой территории в неопротерозое.

Замечания к главе 5:

1. К сожалению, данных только $^{40}\text{Ar}/^{39}\text{Ar}$ датирования мусковита недостаточно для обоснования такой длительности процессов рудообразования, должны быть и другие признаки. Тем не менее, такая гипотеза имеет право на существование и в дальнейшем, по мере накопления новых данных, может быть подтверждена или отклонена.

2. Полученный возрастной интервал соответствует времени рифтогенеза, в то же время автор относит изучаемые месторождения к орогенным. Орогенез и рифтогенез это в некотором смысле противоположные процессы: рифтогенез – расширение, орогенез – сжатие. Как объясняется такое противоречие?

Как видно из рецензии, к работе имеется достаточно много замечаний, однако высказанные замечания не снижают научную ценность представленной работы. Некоторые из них приведены в качестве дискуссии, часть – как возможные направления дальнейших исследований. В результате работ получены новые данные о физико-химических условиях образования золоторудных месторождений Енисейского Кряжа, а также приведен большой объем аналитических данных о составе летучих компонентов из жильных и рудных минералов, в том числе, непосредственно из самородного золота.

Диссертация Шапаренко Елены Олеговны представляет собой законченное научное исследование, посвященное изучению флюидного режима формирования золоторудных месторождений. Диссертация написана хорошим научным языком, достаточно иллюстрирована. Работа основана на авторском фактическом материале, с применением современных методов термобарогеохимических и изотопных исследований. Защищаемые положения вполне обоснованы, опубликованы в пяти статьях в рецензируемых научных журналах, рекомендуемых ВАК России и тринадцати тезисах докладов. Результаты работ докладывались на международных и российских научных конференциях. Автореферат соответствует тексту диссертации.

Рассматриваемая диссертационная работа отвечает требованиям, предъявляемым к кандидатским диссертациям, в частности, пунктам 9 – 11, 13 – 14 «Положения о присуждении ученых степеней» от 24.09.2013 г. №842. Автор диссертационной работы, Елена Олеговна Шапаренко, заслуживает присвоения ученой степени кандидата геолого-минералогических наук по специальности 1.6.10 – геология, поиски и разведка твердых полезных ископаемых, минерагения.

Заместитель директора
по научной работе ГИН СО РАН,
заведующий лабораторией
металлогении и рудообразования,
доктор геолого-минералогических наук



Дамдинов Булат Батуевич

Сведения об официальном оппоненте:

ФИО: Дамдинов Булат Батуевич

Почтовый адрес: 670047, г. Улан-Удэ, ул. Сахьяновой, 6а

Телефон: +7-996-936-3350;

E-mail: damdinov@mail.ru

Наименование организации: Федеральное государственное бюджетное учреждение науки Геологический институт им. Н. Л. Добрецова Сибирского отделения Российской академии наук (ГИН СО РАН)

Должность: заместитель директора по научной работе, заведующий лабораторией металлогении и рудообразования, специальность 1.6.10 – геология, поиски и разведка твердых полезных ископаемых, минерагения

Я, Дамдинов Булат Батуевич, даю согласие на включение своих персональных данных в документы, связанные с работой диссертационного совета и их дальнейшую обработку.

27.09.2022 г.

Дамдинов Б. Б.



Подпись	Дамдинов Б. Б.	удостоверяю.
Главный специалист по кадрам ГИН СО РАН	А. Анисеев	с.а.
« 27 » сентября 20 22 г.		