

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 специальности 1.6.4. Минералогия, кристаллография. Геохимия, геохимические методы поисков полезных ископаемых

Диссертация посвящена всесторонней минералого-геохимической характеристике среднего по запасам месторождения золота Кутын в Хабаровском крае, которое в настоящее время разрабатывается ООО Полиметалл. Помимо непосредственного объекта исследования, в работе содержится попытка обобщения опубликованных данных об абсолютном возрасте и изотопных «метках» источника вещества золоторудных месторождений Северо-Востока РФ в целом.

Диссертация содержит 8 глав, из которых две первые носят компилятивный характер, в главах 3-7 приведены, преимущественно, результаты собственных исследований, а глава 8 является обобщающей.

Исследования, несомненно, актуальны, т.к. выяснение возраста, источника вещества, характера сопутствующих окolorудных изменений месторождения Кутын является основой понимания металлогенической истории региона и дает ключ к металлогеническому прогнозу.

Работа выполнена на представительной коллекции образцов, достоверно характеризующих все рудные зоны месторождения. Практическая значимость работы не вызывает сомнений. Результаты минералогических исследований автора используются в настоящее время при эксплуатации месторождения Кутын и обогащении руд.

Диссертация написана прекрасным «геологическим» языком, сопровождается необходимыми иллюстрациями, достаточно логично построена и представляет собой законченное научное исследование с четкой формулировкой цели и задач.

Положения, выдвинутые к защите, достаточно обоснованы в тексте диссертации и опубликованы в двух статьях, входящих в БД Scopus и WoS, были представлены на 8 конференциях, в том числе двух международных.

Основное достоинство работы состоит в скрупулезном минералогическом описании руд и попытке автора найти место своему объекту среди эксплуатируемых в настоящее время золоторудных месторождений Дальнего Востока, сформулировать непротиворечивую модель его формирования, согласованную с имеющимися представлениями о геодинамическом развитии района. В ходе исследования огромное количество экспериментов, наблюдений, измерений выполнено лично автором, проработан большой массив опубликованных данных. Несомненным достоинством работы, характеризующим ее автора как вдумчивого и тщательного исследователя, является детальный анализ результатов всех видов проведенных экспериментов с попыткой каждый вывод об условиях образования продуктивных ассоциаций проверить всеми доступными способами. Все это позволяет видеть в Адели Маратовне профессионально состоявшегося специалиста в области минералогии и геохимии месторождений золота.

Основное замечание по существу касается слабой изученности наиболее молодых магматических пород дайкового комплекса, подвергнутых рудному метасоматозу. Согласно геологической карте месторождения, приведенной автором на стр. 24, и дальнейшему описанию, простирание рудных зон совпадает с простиранием разломов, т.е. распространение рудоносных метасоматитов контролируется тектонически. Такое же простирание имеют дайки андезитов. Рудоносный метасоматоз затронул и породы дайкового комплекса, о чем сказано в тексте, более того – на стр. 37 в табл. 4.2. приведено два анализа представительных проб руд, локализованных в дайках Геофизической рудной зоны. В тексте диссертации указано, что дайки являются секущими по отношению к породам Биранджинского интрузива. Таким образом, именно этот субвулканический комплекс является самым молодым магматическим образованием на месторождении и именно особенностям руд в нем и его возрасту следовало бы уделить самое пристальное внимание. Это не было сделано. В связи с этим, несмотря на ценность проведенных определений абсолютного возраста, нельзя считать вопрос возраста и генезиса оруденения решенным.

Также следует отметить, что некоторые черты руд, в частности – наличие смектитовых слоев в слюде (иллиты, иллит-смектиты) и каолина среди метасоматических минералов, примеси сурьмы и включений стибнита в арсенопирите, повышенной золотоносности арсенопирита, присутствие теллурантимоана, низкая пробность золота, низкая, в целом, соленость рудообразующего флюида, признаки его вскипания, низкие температуры и давления минералообразования – все эти признаки не свойственны месторождениям Березитовой формации, как связанным с интрузивным магматизмом, так и не имеющим непосредственной связи с конкретными интрузиями. В связи с этим из формулировки защищаемого положения 1 отнесение метасоматитов к «березитовой» формации следовало бы исключить. Как следует из главы 8 и Заключения, эти противоречия видны и соискателю, но разрешить их в рамках имеющейся модели не удалось.

Основное замечание редакторского характера относится к структуре работы. Не всегда названия разделов и их содержание соответствуют друг другу. Полученные результаты и их обсуждение не всегда разделены. Компилятивная часть (главы 1 и 2) несколько хаотична, в связи с чем возникают смысловые повторы. Если автору так близок термин «березитовая формация», то следовало бы ее охарактеризовать. Нужно отметить, что в международной литературе термин березиты практически не употребляется.

Ниже приводится краткий обзор содержания диссертации и частные замечания.

Во Введении обосновывается актуальность исследований, их практическая значимость, формулируются защищаемые положения и дается общая характеристика использованных методов. К сожалению, из текста неясно, посещала ли автор объект, принимала ли участие в полевых работах. Также, во Введении приводится список золоторудных объектов Дальневосточного региона, однако владение автором опубликованной информацией о таких месторождениях нельзя назвать всеобъемлющим. В список попали публикации о золото-меднопорфировом месторождении Малмыж, но не попали многочисленные статьи, посвященные минералогии частных золоторудных объектов (с участием Н.Е.Саввы), геохимии (Р.Г.Кравцова и др.) и многих других. Учитывая огромное количество материалов, возможно, следовало бы ограничиться месторождениями Хабаровского края, не затрагивая Чукотку, как это сделано в главе 1.2, и в дальнейшем, ограничиться этим регионом.

В разделе 1.1. приведен аналитический обзор существующих классификаций золоторудных месторождений и сделана попытка сопоставить принятые международным сообществом и российские классификации. Учитывая многообразие природных генетических типов месторождений золота, нельзя ожидать всеобъемлющего анализа от соискателя, однако, сама попытка свидетельствует о неформальном отношении к изучаемому предмету. Эту часть весьма украсили бы конкретные примеры месторождений, желателен из района, к которому принадлежит Кутынское месторождение. В дальнейшем тексте эта информация есть, но логично было бы привести ее уже в начале диссертации. Было бы полезно сопроводить эту часть диссертации геодинамической картой района с вынесенными точками месторождений золота, которые приведены в работе намного позже (рис. 2.4). Уместно также было бы сделать сопоставительную таблицу наиболее важных месторождений района, в которой были бы приведены 1) геодинамическая позиция, 2) вмещающие породы 3) околорудные изменения 4) минеральный состав руд, включая главные и второстепенные нерудные и рудные минералы, 4) формационная принадлежность в соответствии с российской системой, 5) генетическая принадлежность в соответствии с какой-либо одной классификационной схемой. С такой таблицей текст диссертации и ее выводы воспринимались бы лучше.

Глава 2 посвящена геологическому строению месторождения Кутын. Название раздела 2.1. не вполне отражает его содержание – раздел больше посвящен геодинамическому районированию. Здесь было бы уместно указать, с какими именно этапами геодинамического развития связано образование золоторудных объектов. Также, поскольку автору явно было интересно разобраться в этом вопросе, было бы уместно привести ее собственное видение геодинамической истории конкретно Кутынского района.

Описание геологического строения и геологическая карта Кутынского района (рис. 2.5) должны точно соответствовать друг другу, в частности обозначения толщ в легенде и описании, количество выделенных стратиграфических единиц на карте и в описании

(нижнеюрские отложения на карте объединены, в описании геологического строения разделены). По геологической карте никак нельзя понять, что нижнеюрская толща смята в складки, хотя, по-видимому, руды имеют тектонический контроль – простираение андезитовых даек, разломов и рудных зон, как и ареалов метасоматических изменений совпадает. Из описания неясны соотношения между породами позднемелового Биранжинского интрузива и позднемеловыми же дайками широкого спектра основности – от базальтов до риолитов.

Глава 3 касается петрографической характеристики пород месторождения. Не совсем ясно, почему такая характеристика дана только биотит-роговообманковым гранодиоритам II фазы Биранжинского массива. Породы других фаз не затронуты рудным метасоматозом? Это следовало бы как-то пояснить в тексте. Почему нет описания неизменных осадочных пород? Чем фоновые осадочные породы отличаются от метасоматически измененных? Каков уровень региональных преобразований? Почему нет петрографической характеристики дайковых пород? Фотография рис. 3.6 демонстрирует песчаник, свидетельств метасоматической проработки на фото не видно.

Автор попыталась на базе петрографических и минералогических наблюдений построить метасоматическую колонку с оценкой источников вещества для новообразованных минералов. Приведенного материала явно для этого недостаточно. Обсуждение зональности метасоматических изменений следовало бы поместить после результатов изучения химического состава – т.к. выводы должны увязываться между собой.

Вывод о различиях флюида в главе, посвященной петрографии, не совсем уместен. Кроме того, флюиды в обстановке грейзенизации и березитизации отличаются не столько присутствием углекислоты, сколько температурой, содержанием фтора и других специфических элементов.

Рассуждения об ореолах альбитизации, внешних по отношению к ореолам серицитизации, нуждается в петрографическом и геохимическом подтверждении. Замещение серицита альбитом следовало бы подтвердить прямыми наблюдениями.

Глава 4 содержит результаты определения химического состава пород и рудоносных метасоматитов. Замечания к содержимому этой главы, преимущественно, редакционные. В таблице 4.1. нужно было выделить добавления автора. Неясно, почему породы II фазы (анализы 9, 10) обозначены, а к какой фазе относятся породы анализов 1-8 – нет. Прочерк в таблице следовало бы прокомментировать – содержания ниже предела обнаружения или данный элемент не анализировался. Судя по сумме ан. 9 некоторые элементы не анализировались. Какие? Корректно ли интерпретировать состав интрузивных пород с привлечением диаграммы для вулканогенных серий? Поздние дайки, которые секут и граниты Биранжинского массива и вмещающие песчаники, и с которыми согласны рудные зоны и тела, не проанализированы.

Необходимость доказывать принадлежность гранитоидов Биранджинского массива к островодужным образованиям неясна – это не относится непосредственно к цели работы и никак не используется в выводах. Обоснование гетерогенности источника магм для формирования гранитоидов прямо не связано с оценкой источника рудообразующего флюида, и также не имеет отношения к теме диссертации, и не используется в дальнейшем.

Геохимические особенности метасоматитов (табл. 4.2) охарактеризованы пробами как измененных гранодиоритов, так и измененных дайковых пород. А где анализы неизменных дайковых пород? Представительность опробования каждой из групп различна – некоторые литотипы охарактеризованы одной – двумя пробами. Материал геотехнологических проб, по-видимому, достаточно разнороден, а его петрографическая характеристика отсутствует. В табл. 4.2. не объяснены низкие суммы некоторых анализов

При интерпретации спектров РЗЭ автор ошибочно считает, что редуцированная отрицательная или слабая положительная Eu-аномалия является отражением более основного состава исходной породы. Причинно-следственные связи более сложные, а в отсутствие анализов неизменных дайковых пород делать такие выводы некорректно. Неясно, почему отсутствует попытка сопоставить изменение спектра РЗЭ метасоматитов по гранодиоритам с метасоматитами по осадочным породам. Если утверждение автора о подвижности ТРЗЭ в гидротермальном процессе справедливо, то на спектрах РЗЭ в метасоматитах по осадочным породам это должно было бы отразиться.

Достаточно много места в работе уделено обсуждению поведения рудных, редких и рассеянных элементов в процессе метасоматоза. В целом, все выводы основаны на надежных данных, однако, некоторые утверждения достаточно очевидны. Например – если состав метасоматита кварц-карбонат-серицитовый с сульфидами, а гранодиориты состоят из плагиоклаза, биотита, КШШ и не содержат сульфиды и самородное золото, обогащение метасоматитов калием, кремнеземом и углекислотой, а также элементами, входящими в состав сульфидной ассоциации закономерно. Следовало бы остановиться на менее очевидных элементах и сопоставить их поведение в метасоматитах, образованных по разному субстрату. В окончательных выводах эти сопоставления можно было бы использовать для обоснования незначительной роли взаимодействия гидротермальных флюидов с вмещающими породами.

Глава 5 посвящена минералогии метасоматитов, раздел 5.1. – нерудным минералам, состав которых, к сожалению, приведен зачастую только графически. Неясно, почему в коллекции отсутствуют измененные дайковые породы из Геофизической рудной зоны. Вызывают сомнения результаты разделения биотита и мусковита рентгеноструктурным методом. Если для анализа использовались стандарты слюд разной политипной модификации – это следовало указать. С другой стороны, иллит и мусковит следовало бы разделить, причем метод Ритвельда в использованном программном продукте это позволяет. Присутствие в метасоматитах амфибола (роговой обманки) может быть интерпретировано как загрязнение пробы неизмененными диоритами.

При обсуждении особенностей слюды (иллита) преобладание Al над Fe и Mg в октаэдрических слоях не нуждается в обосновании с привлечением рентгеноструктурных методов. У автора достаточно данных определения локального состава слюд. Применение рентгеноструктурного метода было бы оправдано для обоснования различий состава слоистых силикатов в разных гранулометрических фракциях, что важно для обогащения флотационным способом, но это сделано не было.

Весьма интересным минералом в плане оценки генезиса руд является турмалин, к сожалению, его состав в диссертации не приведен, есть только фигуративные точки на треугольной диаграмме, а состав катионов в позиции А (Na, Ca, K) и содержания фтора никак не обсуждаются. Вместе с тем, турмалины золоторудных объектов могут нести важную информацию о связи оруденения с интрузивными комплексами.

Карбонаты – не приведен состав, не сделан вывод о сходстве карбонатов в метасоматитах, образованных по гранодиоритам и песчаникам, нет информации о поведении марганца в карбонатах – эта примесь отсутствует? При обсуждении состава хлорита указано, что в метапесчаниках он ассоциирует с сидеритом. На треугольной диаграмме рис. 5.6. только одна точка соответствует сидериту. Из текста неясно, насколько эта ассоциация закономерна. Также неясно, присутствует ли хлорит-сидеритовая ассоциация в прожилках, экзоконтактной зоне, в объемных метасоматитах. Что имеется в виду под «вкрапленниками»? Это гнездовые обособления или псевдоморфозы по темноцветному минералу?

Раздел 5.2 характеризует рудные минералы и содержит терминологические шероховатости. Интуитивно понятно, что имеется в виду под «метасоматическим стилем минерализации», но терминологически это не вполне корректно. Какие признаки образования кубического пирита в метапесчаниках в катагенетическую стадию? Одной морфологии кристаллов для такого утверждения недостаточно. Например, кубический пирит типичен для березитов Березовского месторождения. Автор злоупотребляет словом «вкрапленник», хотя более корректно было бы обозначать сульфиды как «зерна», «выделения», «индивиды». В геологической литературе термин вкрапленник употребляется чаще для описания пород с порфировой структурой. Разница между вкрапленниками и зернами в понимании автора неясна. При расчете формул сульфидов и сульфоарсенидов желательнее было бы придерживаться единообразного подхода, лучше - по анионной части. Расчет на сумму атомов целиком в формуле «затушевывает» возможные аналитические ошибки.

В разделе 5.3, в обзоре литературы, посвященном «невидимому» золоту в сульфидах, отсутствуют упоминания одной из основополагающих работ (Reich et al., 2005) и исследований, выполненных В.Л.Таусоном с соавторами, касающихся изучения явлений,

способствующих захвату золота поверхностью растущих сульфидов. К сожалению, прямых измерений содержания золота в пирите и арсенопирите методом ИСП-МС с лазерной абляцией, автору выполнить не удалось. Для подтверждения вхождения золота в структуру пирита в виде изоморфной примеси или тонких включений ИСП-МС с лазерной абляцией дает данные по динамике абляции: равномерность или неравномерность распределения золота демонстрируется на графиках «интенсивность сигнала от элемента – время абляции».

Раздел 5.4 - сравнение месторождений Кутын и Албазино. Весьма интересным и важным с практической точки зрения является сходство текстурно-структурных особенностей и минерального состава руд. Несмотря на то, что предшественниками Албазино и Кутын отнесены к разным генетическим типам, это сходство, а также то, что на Кутынском месторождении присутствуют оруденелые дайки субвулканических базальтов-андезитов и риолитов, могло натолкнуть автора на попытку пересмотреть генетическую классификацию Кутына.

Глава 6, физико-химические условия формирования месторождения. Для определения температуры и давления минералообразования автором применены различные минералогические термометры и термобарометры, давшие вполне сопоставимые результаты. Попытка привлечения структур распада гессита и шпютцита для обоснования температуры образования теллуридной ассоциации ниже 120°C говорит о глубоких знаниях автора работы о способах оценки температуры минералообразования, однако противоречит известной на практике гомогенности зерен гессита в подавляющем большинстве месторождений золота. По-видимому, цитируемая работа Kracek et al., 1966 к настоящему времени устарела.

При оценке давления образования слюд по параметру b_0 следует понимать, что этот параметр зависит исключительно от состава октаэдрического слоя слюды (Рентгенография..., 1983 и цитируемая в этой монографии литература). Состав октаэдрического слоя зависит, в том числе и от давления, но это отнюдь не прямая связь. Приведенное значение отвечает преимущественно диоктаэдрической слюде с преобладанием алюминия в октаэдрическом слое. Таким образом, проведение этого эксперимента избыточно – признаков низкобарического образования изученных руд и так достаточно много, особенно если учесть, что в рудах присутствуют слоистые силикаты с молекулярной водой (иллиты, иллит-сметтиты).

Раздел 6.3 содержит результаты термобарогеохимических исследований. Из текста следует, что больше всего пластинок изучено по Геофизической рудной зоне, в которой, судя по таблице 4.2, развиты руды, в том числе, по породам дайкового комплекса. Эти руды являются ключевыми для определения возраста минерализации и определения их генезиса. Следовало бы акцентировать внимание на этих рудах.

Для рудоносных флюидов, связанных с интрузивными массивами, минерализация флюида слишком низкая и скорее соответствует флюиду смешанного состава. В месторождениях березит-лиственитовой формации флюиды, как правило, более концентрированные и содержат жидкую углекислоту, а давления их образования, как правило, выше. Для них не характерны признаки вскипания раствора.

На рис. 6.5. КР-спектры флюида из включений кварца теллуридной ассоциации, содержат полосы N_2 и CH_4 , но не содержат полос, характеризующих CO_2 , что противоречит написанному в соответствующем разделе на стр. 74.

Вряд ли можно согласиться с утверждением автора со ссылкой на (Прокофьев и др., 2020) о том, что состав флюидов каким-то образом зависит от возраста месторождений – мезозойского или более древнего. Все-таки, состав флюида, прежде всего, зависит от его источника и температуры, т.е. от генетического типа месторождений.

Ссылка на работу (Плечов, 2014) для обоснования очевидного факта – работа с валовыми пробами обеспечивает большую, только не точность, а представительность анализов, избыточна. Понятия точности и представительности перепутаны.

При интерпретации результатов термогравиметрического анализа необходимо учитывать чувствительность весов и количество флюидных включений – их суммарная масса при таком размере и количестве могла не отразиться на кривых потери веса. К результатам следовало отнестись с большей осторожностью.

Изотопно-геохимические исследования отражены в главе 7. Полученные данные сопоставлены с результатами сходных исследований, выполненных для других объектов

Хабаровского края. К сожалению, основной вопрос о возрасте оруденения, связанный с отсутствием данных по самому молодому магматическому комплексу даек, остался открытым. Результаты изучения стабильных изотопов (S, O, C) не позволяют однозначно определить источник флюида и рудного вещества. Но попытка это сделать может повлечь за собой организацию специальных работ в данном регионе, что само по себе ценно.

Суммируя сказанное выше, следует отметить, что высказанные замечания касаются, в основном, общегеологических и региональных вопросов или имеют редакционный характер, и не относятся к сути работы. Вклад автора в характеристику минерального состава руд, выяснение условий и механизмов рудообразования на месторождении Кутын, а также попытки выяснения абсолютного возраста метасоматитов и рудообразующей интрузии, хоть и неоднозначные, вносят значительный вклад в понимание генезиса месторождений золота Дальнего Востока.

Учитывая сказанное выше полагаю:

Содержание диссертации Азарян Адели 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 соответствующей отрасли знаний. В частности, определены условия образования золоторудной минерализации месторождения Кутын и максимально полно охарактеризованы рудоносные минеральные ассоциации, что имеет существенное значение для разработки поисковых критериев и технологических схем обогащения руд в районе исследований.

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.

Соискатель Азарян Адель Маратовна заслуживает присуждения ученой степени кандидата геолого-минералогических наук по специальности 1.6.4. Минералогия, кристаллография. Геохимия, геохимические методы поисков полезных ископаемых.

Член диссертационного совета

Доктор геолого-минералогических наук,
доцент, заместитель директора по научным вопросам
Южно-Уральского федерального научного центра
минералогии и геоэкологии Уральского отделения
русской академии наук.



 Белогуб
Елена Витальевна

23 октября 2023 г.



Верно
Начальник отдела кадров
ЮУ ФНЦ МиГ УрО РАН



