

О Т З Ы В

официального оппонента на диссертационную работу Кужугета Рената Васильевича «Золото-теллуридное оруденение Алдан-Маадырского рудного узла (Западная Тува): минералого-геохимические особенности руд и условия их образования», представленную на соискание ученой степени кандидата геолого-минералогических наук по специальности 25.00.11 – геология, поиски и разведка твердых полезных ископаемых, минерагения

Республика Тыва является одним из золотодобывающих регионов России. Основные объемы золотодобычи сегодня связаны с россыпными месторождениями. Ближайшее будущее золотодобычи рассматриваемой территории, как и ряда других регионов страны – в разработке коренных месторождениях золота.

К настоящему времени в пределах рассматриваемой территории выделено несколько сравнительно небольших рудных месторождений, а также известны десятки разнообразных золотопроявлений. Задачей современного этапа исследований золотоносности Тувы является выделение наиболее важных в промышленном отношении структурно-морфологических и генетических типов золотого оруденения. Объект исследований автора отличается сосредоточенностью разнообразного в вещественно-морфологическом и генетическом отношении золотого оруденения. Решение поставленной задачи будет способствовать повышению эффективности поисково-разведочных работ и расширению минерально-сырьевой базы Алдан-Маадырского золоторудного узла.

Основная цель данной работы – выявления закономерности локализации, минералого-геохимических особенностей и последовательности формирования золотого оруденения Хаак-Саирского и Улуг-Саирского месторождений и нескольких перспективных рудопроявлений вблизи этих объектов. Фактический материал диссертационной работы, собранный автором в ходе полевых и камеральных исследований и представленный в диссертационной работе, позволяет решить сформулированные задачи. Этому же способствует привлечение автором результатов исследований предшественников.

Диссертационная работа Р.В. Кужугета состоит из Введения, шести глав и Заключение, содержит 69 рисунков и 22 таблицы. Объем машинописного текста 128 стр. Список литературы содержит названия разнообразных работ по теме диссертации на 24 стр.

В главе 1 диссертационной работы приведены: история изучения Алдан-Маадырского золоторудного узла (АМЗУ) и основные результаты разнообразных производственных и тематических исследований рудных и россыпных объектов. Указаны ресурсы региона, выявленные к настоящему времени, и геологические объекты наиболее перспективные для промышленного освоения. Глава содержит характеристику геологической позиции АМЗУ и региональные геологические особенности размещения здесь золоторудных объектов. С разной детальностью охарактеризованы наиболее перспективные рудопроявления – Арысканское, Ак-Дашское Дуушкуннугское, Тожектыгхемское и другие. Показаны особенности распределения золота в пределах этих объектов. Сформулированы нерешенные к настоящему времени проблемы.

В качестве основных региональных факторов размещения золотого оруденения названы структурно-тектонический и магматический. Автором выделены наиболее крупные

линейные рудоносные зоны в пределах АМЗУ: Хаак-Саир-Ак-Дашская, Тожектыгхем-Дуушкуннугская и Ак-Дашская.

Глава 2 содержит описание геологического строения Хаак-Саирского и Улуг-Саирского месторождений. Здесь показано строение основных рудных тел, дана их промышленная характеристика. Приведены сведения о приуроченности оруденения к определенным стратиграфическим интервалам осадочной толщи, типам измененных пород. Показаны взаимоотношения разностадийных рудных образований, строение отдельных рудных тел и текстурные особенности руд.

Первое защищаемое положение диссертационной работы: **Хаак-Саирское и Улуг-Саирское месторождения – полистадийные объекты золото-теллуридного типа, сформированные при последовательном отложении различных типов золотой минерализации. По составу продуктивных ассоциаций Хаак-Саирское месторождение отвечает золото-галенит-сульфоантимонитовому типу с серебристыми блёклыми рудами, минералами ряда Au–Ag–Hg, селенидами Au-Ag, Ag, Hg, теллуридами Ag, Hg, Улуг-Саирское — золото-сульфидному типу с теллуридами и селенидами Au и Ag и селенотеллуридами Ag и Bi.** Обоснованию этого положения посвящена третья глава диссертационной работы.

В главе 3 приводится описание этапов и стадий формирования минерализации Хаак-Саирского и Улуг-Саирского месторождений. На каждом рудном объекте выделено по 10 эндогенных стадий, слагающих три этапа формирования месторождения и этап гипергенного изменения руд, не расчлененный на стадии.

На месторождениях выделено по два дорудных этапа, связанных с метасоматическим преобразованием рудовмещающей толщи. Первый, наиболее ранний высокотемпературный дорудный этап делится на две стадии: турмалиновую (1) и турмалин-кварцевую (2). На втором этапе формировались листвениты, лиственитизированные и березитизированные породы (1) и пирит-карцевые жилы и прожилки (2).

К третьему, собственно золоторудному, этапу отнесено по три стадии гидротермального рудообразования, отличающиеся количествами редких минералов и присутствием, либо отсутствием отдельных редких минералов в составе руд.

На Хаак-Саирском месторождении три продуктивные стадии имеют следующий состав:

1. *Золото-сульфосольно-сульфидно-кварцевая* (~65 % Au месторождения) представлена кварцем, Fe-тетраэдритом, Fe-теннантит-тетраэдритом, галенитом, халькопиритом, Ag-тетраэдритом, Zn-тетраэдритом, аргентотетраэдритом, аргентотеннантит-тетраэдритом, Fe-теннантитом, борнитом, золотом, электрумом, Cu-содержащим золотом, арсенипиритом, герсдорфитом, Fe-Co-герсдорфитом, бурнонитом, сфалеритом, гесситом, акантитом, ялпаитом;

2. *Золото-ртутисто-кварцевая* (~30 % Au): кварц, золото, ртутистый электрум, ртутистый кюстелит, Hg-содержащее золото, ртутистое золото, Au-содержащее ртутистое серебро;

3. *Золото-селенидно-теллуридно-сульфидно-кварцевая* (~5% Au): кварц, борнит, герсдорфит, Zn-тетраэдрит, Te-содержащий тетраэдрит, Se-имитерит, Se-киноварь, неограниченные твёрдые растворы минералов ряда галенит – клаусталит, тиманнит, науманнит, S-науманнит, Te-, Hg-содержащие разновидности науманнита, фишессерит, золото, ртутистое золото, ртутистый электрум, колорадоит, гессит и т. д.

На Улуг-Саирском месторождении выявлены три продуктивные стадии:

1. *золото-сульфидно-кварцевая* (~70% Au на месторождении): кварц, халькопирит, пирит, золото, электрум, галенит;

2. *золото-пирит-халькопирит-кварцевая* (~20% Au): кварц, пирит, халькопирит, золото, электрум;

3. *золото-теллуридно-сульфидно-кварцевая* (~15% Au): кварц, хлорит, мусковит, халькопирит, Fe-теннантит, Cu-теннантит, Te-, Se-, Hg-содержащий теннантит, золото, галенит, Se-содержащий галенит, петцит, гессит, Pb-, Se-содержащий гессит, фишессерит, Pb, Te-содержащий фишессерит, кабацулит, Se-вольынскит, виттихенит и борнит.

В составе пострудного этапа выделено три гидротермальных стадии. В работе достаточно полно показана их связь с золоторудными стадиями по составу и пространственному размещению.

В коре выветривания Хаак-Саирского месторождения развиты халькозин, ковеллин, малахит, азурит, гематит, гётит, гидрогётит, штрмейерит, англезит, церуссит, линарит, ромеит, гидроромеит, трипугиит, триппкеит, конихальцит, брошантит, скородит, акантит, серебро, золото, атакамит, иодиды, хлориды, бромиды и т. д.

В коре выветривания Улуг-Саирского месторождения развиты малахит, азурит, гётит, ковеллин, халькозин, бисмит, куприт, самородная медь, англезит, церуссит и др.

Глава содержит подробные макро- и микроскопические описания рудных тел и слагающих их минералов, подтверждающих защищаемое положение автора. Следует согласиться с интерпретацией автором хода рудного процесса, сформировавшего полистадийные объекты золото-теллуридного типа, сформированные при последовательном отложении различных типов золотой минерализации.

Следует заметить, что дорудный этап имеет региональное распространение и в настоящей работе не указаны признаки конкретные генетические признаки связи этого этапа с последующими золоторудными. Более того, дорудный этап отделен значительным временным интервалом от последующих гидротермальных ассоциаций. За это время происходили многократное дробление жильных фаций этого этапа, а также внедрение даек III фазы баянкольского комплекса. В таком случае размещение золоторудных тел в березитах и листовенитах может иметь лишь структурно-литологическое значение и размещение этого этапа в генетически обусловленных схемах последовательности образования месторождений (таблицы 3.1 и 3.2) не оправдано, либо нуждается в дополнительных пояснениях.

Второе замечание заключается в том, что сложный минеральный состав зоны гипергенеза Хаак-Салаирского месторождения свидетельствует не только о распространенных процессах окисления руд в приповерхностных условиях, но и изменении их под действием специфических приповерхностных растворов. Грунтовые воды были обогащены компонентами, которых не отмечено в более ранних ассоциациях. В пределах гипергенного

этапа, по мнению рецензента, следовало выделить не менее двух самостоятельных минеральных ассоциаций.

Второе защищаемое положение диссертационной работы: **Типоморфные признаки самородного золота изученных месторождений (состав, размерность и морфология, зональность, характер распределения, минеральные парагенезисы) отражают генетические особенности эндогенной и гипергенной золоторудной минерализации.**

Обоснованию этого положения посвящены четвертая глава диссертационной работы. Здесь приведена подробная минералого-геохимическая характеристика самородного золота и золотосодержащих минералов, а также ряда минералов-спутников самородного золота в рудах месторождений. Наибольшей полнотой отличается характеристика самородного золота месторождений.

Показано, что крупность золота относительно невысокая. Распределение золота по крупности показывает на явное преобладание класса крупности 0,1-0,25 (58,8%), а самородное золото более мелких фракций (33,7%) преобладает над золотом классов крупности более 0,25мм (7,5%) (рис. 4.11). В большинстве золоторудных месторождений отмечено, что крупность золотин имеет отрицательную корреляционную связь с сульфидностью руд. Характеристика размерности выделений самородного золота имеет большое теоретическое и важное практическое значение. В рассматриваемой работе не показаны различия самородного золота разных стадий по крупности и их значение.

На основании минералогических исследований автора, на каждом месторождении выделено по три стадии образования минералов золота и серебра. На Хаак-Саирском месторождении основная часть золота связана с золото-сульфосольно-сульфидно-кварцевой стадией (~65%), а на Улуг-Саирском месторождении с золото-сульфидно-кварцевой (~70%). Относительное значение золотой минерализации закономерно убывает в поздних стадиях рассматриваемых месторождений. Первые собственно рудные стадии месторождений отличаются присутствием наиболее высокопробного золота. Более того, наиболее высокопробное золото (95%) характерно для самых ранних генераций первых стадий месторождений, а для более поздних стадий характерен электрум.

Наиболее частой примесью в самородном золоте рассматриваемых месторождений является медь. На Хаак-Саирском месторождении в составе самородного золота поздних стадий рудообразования присутствует ртуть. В составе второй – золото-ртутисто-кварцевой стадии и третьей – золото-селенидно-теллуридно-сульфидно-кварцевой стадий присутствуют ртутистое золото, ртутистый электрум, а также ртутистый кюстеллит (вторая стадия), в котором содержание ртути достигает 17,5%.

Автором выделена следующая тенденция эволюции самородного золота Хаак-Саирского месторождения: для *золото-сульфосольно-сульфидно-кварцевой стадии* весьма высокопробное Au → серебристое Au → электрум + серебристые блёклые руды ± Ag₂S ± гессит; *золото-ртутисто-кварцевой стадии*): высокопробное Au → ртутистое Au → ртутистый электрум → ртутистый кюстеллит → Au-содержащее ртутистое Ag; *золото-селенидно-теллуридно-сульфидно-кварцевой стадии* (см прил. 9 б, 4): высокопробное Au → ртутистое Au → ртутистый электрум + науманнит + фишессерит + тиманнит + гессит

+ колорадоит + Ag-содержащие минералы ряда галенит – клаусталит (Ag до 6 мас. %) ± Se-киноварь ± Se-имитерит.

Средняя пробность самородного золота Хаак-Саирского месторождения для 160 золотин составляет 690 ‰ при вариациях от 19 до 957 ‰. При этом средняя пробность золотин первой стадии – 874 ‰ при вариациях от 486 до 957 ‰, второй – 467 ‰ (19–911 ‰), третьей стадии – 718 ‰ (426–912 ‰); количественно преобладает высоко- и среднепробное золото и ртутистые разновидности электрума и кюстелита (рис. 4.18, 4.19).

Диаграммы на вышеперечисленных рисунках показывают большую неоднородность пробности золота отлагавшегося в составе отдельных стадий. Так пробность золота второй и, вероятно, третьей стадий Хаак-Саирского месторождения (4.19б, 4.19в) может свидетельствовать о существовании нескольких самостоятельных генераций золота в пределах этих стадий рудоотложения. Постоянное присутствие зональных золотин с прямым типом зональности свидетельствует о значительных изменениях химизма гидротерм и термобарических условиях рудоотложения.

Данные, получены по результатам изучения Улуг-Саирского месторождения, в значительной степени повторяют результаты, полученные на Хаак-Саирском рудном объекте. Руды здесь в основном сложены минералами первой стадии рудного этапа. Зона гипергенеза имеет более простой состав. Это подтверждает мнение автора о более глубинном происхождении руд этого месторождения.

Основной вывод, изложенный в данной главе: «Хаак-Саирское и Улуг-Саирское месторождения являются производными единой сложной флюидно-гидротермальной рудообразующей системы золото-теллуридного (Au-Ag-Te) минерального типа с латеральной и вертикальной минеральной зональностью» (стр. 102). Для прогнозирования оруденения Алдан-Маалдырского золоторудного узла на глубину предлагается использовать соотношение селенидов и теллуридов, содержание серебра в блеклых рудах, содержание ртути в самородном золоте.

Второе защищаемое положение в части комплексности и полистадийности оруденения вполне согласуется с приведенным автором фактическим материалом. Полистадийная схема рудообразования на месторождениях АМЗУ вполне подтверждается.

Рецензент считает необходимым отметить некоторую расплывчатость, как формулировки второго защищаемого положения, так и выводов сделанных автором. По изложенным в главе 4 материалам следовало бы уточнить геолого-геохимические особенности наиболее важных в промышленном отношении минеральных ассоциаций. Не указано промышленное значение окисленных разновидностей руд, в том числе и как источника россыпной золотоносности.

Третье защищаемое положение диссертационной работы: **Руды Хаак-Саирского и Улуг-Саирского месторождений формировались при различных физико-химических параметрах. Минеральный состав руд в значительной мере обусловлен вариациями активности S, Hg, Se и Te, а также фациями глубинности их образования и литолого-геохимическими особенностями рудовмещающих толщ.**

Материалы, подтверждающие данное положение изложены в главе 5 диссертационной работы.

Основную массу руд месторождения составляют жильные минералы (более 90%), из которых наибольшее распространение имеет кварц. Значительная часть выводов автора основана на результатах изучения газовой-жидких включений в кварцах Хаак-Саирского и Улуг-Саирского месторождений.

Формирование руд Хаак-Саирского месторождения происходило при давлении около 0,5 кбар, при температурах 290-133°C в солевой системе $\text{NaCl-KCl-H}_2\text{O}\pm\text{NaHCO}_3$ и Na_2SO_4 , с концентрациями солей в растворе 3,2-14 мас.% NaCl-экв. Распространенность блеклых руд в минеральном составе месторождения, состав элементов-примесей в шеелите месторождения, в том числе редких и редкоземельных, наличие в относительно высоких количествах низкопробного золота и его ртутистых разностей подтверждают эти выводы.

На низкую фугитивность ионов сульфидной серы, на наш взгляд, указывает не только постоянное присутствие селенидов и теллуридов в завершении рудообразования, но и отложение основных количеств серебра в самородном виде в составе первой стадии.

Температуры рудоотложения закономерно снижались на протяжении рудообразования: I стадия – 290-180°C; II стадия – 220-160°C; III стадия – 226-133°C.

При анализе составов включений в кварцах продуктивных стадий Улуг-Саирского месторождения выявлен более сложный состав рудообразующих растворов: $\text{NaCl-H}_2\text{O}$, $\text{NaCl-KCl-H}_2\text{O}$, $\text{NaCl-MgCl}_2\text{-H}_2\text{O}$, $\text{NaCl-Na}_2\text{SO}_4\text{-H}_2\text{O}\pm\text{MgCl}_2\text{-H}_2\text{O}$ и $\text{FeCl}_2\text{-H}_2\text{O}$, концентрация растворов относительно невысокая – 4,0-9,5 мас.% NaCl-экв. Оценка давления на период рудообразования составила 0,9-1,1 кбар. Температуры рудоотложения составили: I стадия – 360-250°C, II стадия – 300-164°C, III стадия – 280-145°C.

Аналитические данные подтверждают схему положения золотоносных жил АМЗУ (рис. 5.2), составленную по геологическим данным.

В диссертационной работе приведены сведения, указывающие на влияние состава вмещающих пород на состав руд: рудные тела в офиолитах обогащены Cr-содержащими минералами (турмалином, слюдами ряда мусковит – парагонит). В рудах также отмечается сульфоарсенид Ni (герсдорфит, Fe-Co-герсдорфит с содержанием Co до 7 мас.%) и Cu-содержащее золото.

Глава 6 посвящена определению формационной принадлежности месторождений АМЗУ. В этой главе автор произвел обзор существующих взглядов на классификации золота, в котором преимущественное значение придал рассмотрению золоторудных формаций, содержащих ртутную и теллуридную минерализацию.

Поскольку каждая рудная формация – это особый вариант генезиса месторождения, то, по нашему мнению, отнесение золоторудного месторождения к той или иной формации должно быть основано на изучении большого комплекса геологических данных: региональных и локальных литологических и структурных, разномасштабных минералогических и геохимических.

Следует согласиться с отнесением автора рассматриваемых месторождений к плутоногенным гидротермальным месторождениям, связанным с интрузивными массивами из-

вестково-щелочных, щелочных серий. Источником руд предполагается глубинный магматический очаг, расположенный в центральной части Хемчикско-Куртушибинской зоны глубинных разломов. Парагенетическая связь оруденения намечается с эдыгейским габбро-монцодиорит-сиеногранитным комплексом (D_3-C_{1ed}). Малые интрузии третьей фазы этого комплекса достаточно широко представлены в пределах рудных полей АМЗУ.

Представленная диссертационная работа отличается высокой тщательностью исследования рудных минералов месторождения. Автором впервые на месторождении, изучаемом более полувека, выделено более 20 минералов, что само по себе надо считать высоким достижением. Присутствие этих минералов позволило более детально характеризовать физико-химические особенности протекания гидротермального процесса и послерудных изменений в процессах гипергенеза.

Общие замечания к диссертационной работе Р.В. Кужугета

Ряд замечаний в работе изложен при обсуждении защищаемых положений. Вместе с тем к работе есть и некоторые общие замечания.

1. Защищаемые положения работы сформулированы достаточно расплывчато. Автор вполне может конкретизировать эти положения и показать, что конкретно отражают генетические особенности эндогенной и гипергенной золоторудной минерализации (положение № 2) и что конкретно отражают вариациями активности S, Hg, Se и Te, а также фациями глубинности их образования и литолого-геохимическими особенностями рудовмещающих толщ (положение № 3).

2. В работе приведены результаты детального изучения внутреннего строения золотин, но выводы, которые необходимо сделать из этих результатов, не сделаны.

3. То же относится и к данным, полученным при некоторых геохимических исследованиях. Например, нет хотя бы предварительного объяснений того, что с более простым составом предполагаемых гидротерм Хаак-Саирского месторождения связан значительно более сложный минеральный состав руд.

4. Данные по флюидному составу рудообразующих растворов, а также термобариметрические характеристики получены по результатам изучения кварца рудных стадий. Отсутствует характеристика самого рудоносного кварца разных стадий и основных видов включений в нем. Эти данные, несомненно, помогли бы более точно ответить на целый ряд вопросов.

5. Желательно уточнить использование конкретных параметров предлагаемых автором соотношений для оценки оруденения на глубину.

6. С использованием данных автора составлена таблица 6.1 Фации глубинности и минеральные типы продуктивных ассоциаций. В ней, среди минеральных типов, относящихся к гип-мезоабиссальной фации глубинности, автором выделено два типа. В отличие от всех выделенных минеральных типов, названных по наиболее распространенным минералам, здесь использован термин – сульфидный тип. Учитывая, реальное количество сульфидов в рассматриваемых рудах менее 5%, желательно привести конкретные назва-

ния распространенных минералов, как в названиях других минеральных типах этой таблицы.

Все эти замечания отражают личное мнение автора и скорее свидетельствуют о том, что настоящая диссертационная работа – это только начало больших и важных исследований перспективного золотодобывающего региона России.

Работы, выполненные в рамках настоящего исследования, имеют большое практическое значение. Научное обоснование полихронности и полигенности золотого оруденения Хаак-Саирского и Улуг-Саирского месторождений является актуальной задачей, решение которой будет способствовать повышению эффективности поисково-разведочных работ при оценке перспектив золотого оруденения и расширению минерально-сырьевой базы Алдан-Маадырского золоторудного узла.

Они позволяют существенно повысить прогнозную оценку Хаак-Саирского и Улуг-Саирского месторождений. Широкое развитие золото-теллуридно-ртутной минерализации может свидетельствовать о слабом эрозионном срезе месторождений и, таким образом, значительно увеличивает перспективные оценки этих золоторудных объектов.

Представленная диссертационная работа, написанная лично автором, несмотря на разнообразие используемых методов, отличается единым подходом к проблеме и содержит новые данные по минералогии и геохимии руд и пород, слагающих Хаак-Саирское и Улуг-Саирское месторождения. Диссертантом проработана обширная литература, проведены детальные полевые и камеральные исследования, квалифицированно обсуждены полученные результаты. Основные результаты научных исследований подтверждаются фактическим материалом. По теме диссертации опубликовано 19 научных работ, из них 3 статьи в рецензируемых журналах. Отдельные положения работы обсуждались на научных конференциях разного ранга. Работа качественно оформлена. Автореферат и публикации по теме диссертации соответствуют содержанию диссертации и отражают полученные автором данные.

Считаю, что диссертационная работа отвечает требованиям Положения ВАК РФ «О порядке присуждения ученых степеней». Все изложенное свидетельствует, что Ренат Васильевич Кужугет достоин присуждения степени кандидата геолого-минералогических наук по специальности 25.00.11 – геология, поиски и разведка твердых полезных ископаемых, минерагения.

Официальный оппонент Мельцер Михаил Леонидович
доктор геол.-мин. наук, профессор кафедры менеджмента
Новосибирского филиала НОУ ВПО «Санкт-Петербургский
университет управления и экономики»
630000, г. Новосибирск, ул. Воинская, 110
Телефон: (383) 206-28-91, (383) 206-28-99
E-mail: melcer2001@mail.ru

31 октября 2014 г.

Подпись профессора М.Л. Мельцера заверяю:

Директор Новосибирского филиала



М. Л. Мельцер

М. Ю. Матвеев