ОТЗЫВ НАУЧНОГО РУКОВОДИТЕЛЯ

на диссертационную работу Хертек Чаяны Март-ооловны «Геология и типоморфизм самородного золота Амыло-Систигхемского золотоносного рудно-россыпного района (Западный Саян)», представленную на соискание учёной степени кандидата геолого-минералогических наук по специальности 1.6.10 – Геология, поиски и разведка твердых полезных ископаемых, минерагения

Актуальность и общая характеристика работы

Диссертационная работа Ч.М. Хертек посвящена одной из ключевых проблем современной геологии благородных металлов – выявлению коренных источников россыпного золота на основе комплексного изучения его типоморфных признаков. Амыло-Систигхемский район является старейшим и наиболее продуктивным золотоносным районом Тувы, где за историю разработки из россыпей было добыто почти вдвое больше золота, чем во всех остальных районах республики вместе взятых. Однако, несмотря на богатую историю, его рудная база остаётся слабо изученной, а объёмы россыпного золота неуклонно сокращаются. В этих условиях исследование типоморфизма самородного золота приобретает не только фундаментальное, но и острое прикладное значение, поскольку позволяет реконструировать условия рудогенеза, идентифицировать конкретные рудогенерирующие комплексы и прогнозировать новые объекты коренного оруденения.

Ч.М. Хертек впервые провела системный анализ россыпного золота района на уровне его морфологии, внутреннего строения, химического состава (включая Au, Ag, Cu, Hg, Pd) и парагенетических ассоциаций включений, что позволило обосновать полихронно-полигенную природу золоторудного процесса. Полученные результаты существенно дополняют представления о металлогении Западного Саяна, создают надёжную основу для прогнозно-поисковых работ и имеют прямое практическое значение.

Наиболее существенные научные разработки

В ходе выполнения диссертации Ч.М. Хертек получен ряд оригинальных результатов, некоторые из которых имеют не только региональное, но и общеметодологическое значение. Наиболее яркие научные находки, на мой взгляд, таковы.

1. Характеристика палладий-ртутистого золота (Pd-Hg-Ag-Au) в россыпях бассейна р. Кална. Соискатель впервые охарактеризовала золота с палладиевой примесью, пространственно и генетически связанного с хромититами Калнинского массива. На основе анализа литературных данных и собственных наблюдений она пришла к заключению, что высокотемпературные МПГ (Os, Ir, Ru) кристаллизовались в мантийных

условиях при T > 1000 °C, тогда как Pd, Pt и Rh образовали собственные минеральные фазы (теллуриды, арсениды, антимониды) уже в коровых условиях при T < 600 °C, а собственно золотосеребряная минерализация с примесью Pd, Hg и Cu сформировалась при T < 300 °C в гидротермальную стадию преобразования ультрамафитов. Эта трёхуровневая модель температурной эволюции является важным вкладом в понимание поведения благородных металлов в офиолитовых комплексах.

2. Выявление и типизация сульфидно-сульфосольной минерализации с Se, Te, Sb, Hg, Ag, Au в кварцевых свалах на слиянии рек Мал, и Бол. Билелиг. Ч.М. Хертек обнаружила агрегаты электрума и золота непрерывной пробности от 497 до 990 ‰ в ассоциации с акантитом (Ag_2S), имитеритом ($Ag_{2,16}Hg_{0,88}S_2$), ютенбогаардтитом ($Ag_{3,08}Au_{0,86}S_{2,05}$), а также оксидами и гидроксидами Fe, Pb, Sb с примесью Se и Te (розианит, монимолит, биндгеймит). Этот парагенезис ранее для района не описывался. Его изучение позволило автору обосновать связь весьма высокопробного золота (>950 ‰) с гидротермальными системами березит-лиственитовой формации и предположить наличие не выявленных пока медно-молибден-порфировых проявлений девонского возраста.

3. Детальная расшифровка внутренней структуры и эволюции частиц россыпного золота. Соискатель показала, что в одном зерне могут сочетаться:

- реликтовое ядро (гранобластовый агрегат Ag-Au состава переменной пробы),
- межзерновые прожилки чистого золота (970–1000 ‰) – продукты деформации и перекристаллизации,
- метасоматическая высокопробная кайма (около 1000 ‰) – результат гипергенного растворения и переотложения,
- внешняя плёнка хемогенно-биогенного аутигенного золота.

Она также показала, что в россыпном золоте неоднородность состава между соседними точками редко превышает 2 %, тогда как в коренном золоте она достигает 15–20 %, что является прямым доказательством метасоматической «гомогенизации» металла в гипергенных условиях. Это важнейший диагностический признак, позволяющий отличать золото, длительное время находившееся в россыпи, от материала из рудных тел.

4. Характеристика техногенно-биогенных агрегатов золота. Ч.М. Хертек установила, что в техногенных россыпях формируются сложные агрегаты, включающие:

- каймы трёхфазной золотосеребряной амальгамы (с содержанием Hg от 4,75–6,51 % в фазе I до 20–25 % в фазе III),
- спутанно-волокнистые пористые агрегаты «мумифицированных» золотофильных бактерий, сцементированные гидроксидами железа, серпентино-хлоритом и гидрослюдами.

Это уникальный материал, демонстрирующий живое взаимодействие техногенных процессов (ртутное амальгамирование) с биогенным

осаждением золота из поровых растворов. Такие наблюдения имеют прямое отношение к экологической оценке отвалов и возможным способам доизвлечения металла.

5. Количественное статистическое различие золота из неогеновых и четвертичных отложений. Используя три независимых критерия (Стьюдента, Фишера, Колмогорова–Смирнова), автор доказала, что золото из разновозрастных россыпей достоверно различается по химическому составу. Например, для р. Бол. Билелиг эмпирические значения t-критерия по Au составили 4,84 (при критическом 1,98), а по Ag – 4,54, что свидетельствует о глубоких гипергенных преобразованиях неогенового золота. Этот строгий математический подход придаёт выводам особую доказательность.

Каждая из перечисленных находок не является случайной – все они получены благодаря скрупулёзной систематической работе, умению видеть неочевидное в рутинном материале и последовательному применению комплекса современных методов исследования.

Личные и профессиональные качества соискателя

Ч.М. Хертек проявила себя как сложившийся, глубоко мотивированный и творчески мыслящий исследователь, для которого наука является не просто профессиональной обязанностью, а призванием. За время работы над диссертацией она прошла путь от полевого помощника до самостоятельного учёного, способного формулировать оригинальные выводы, выстраивать методологию исследования и доводить её до конкретных научных результатов.

Профессиональная компетентность. Ч.М. Хертек в полном объёме освоила широкий спектр современных методов исследования минерального сырья: от классического шлихового опробования и бинокулярной микроскопии до работы на сканирующем электронном микроскопе Tescan Vega III SBH с энергодисперсионным микроанализом. Она самостоятельно подготовила более 2000 золотин для электронно-микроскопических исследований, освоила методику закапсулирования частиц в эпоксидные шашки, проводила количественную обработку микрозондовых анализов и статистический анализ больших массивов данных. Особо следует отметить её способность критически оценивать качество аналитической информации, разбираться в инструментальных ограничениях и артефактах, что принципиально важно для получения достоверных результатов.

Организаторские и полевые качества. Диссертация базируется на материалах многолетних полевых работ (2010–2026 гг.), в которых Ч.М. Хертек принимала непосредственное и активное участие. В условиях сложного горно-таёжного рельефа Западного Саяна, при ограниченной транспортной доступности и суровом климате, она продемонстрировала выносливость, дисциплинированность и умение работать в малых группах. Автор самостоятельно организовывала отбор проб, вела полевую документацию, составляла схемы опробования и осуществляла

предварительную обработку материала – весь этот объём работ был выполнен качественно и в установленные сроки.

Аналитическое мышление и самостоятельность. Ч.М. Хертек не ограничивается констатацией наблюдаемых фактов – она стремится к их генетической интерпретации. Особенно ярко это проявилось при выделении аутигенных форм золота, где она не только описала хемогенно-биогенные образования, но и предложила обоснованную модель их формирования в поровых водах с участием золотофильных бактерий. Её выводы о техногенной амальгамации и биогенном осаждении золота в отвальных россыпях являются оригинальными и нетривиальными. Важно, что все обобщения соискатель делает на основе твёрдого фактического материала, избегая поспешных заключений и всегда проверяя гипотезы статистическими методами.

Ответственность и работоспособность. Весь период подготовки диссертации (2010–2026 гг.) Ч.М. Хертек работала с высокой самоотдачей, сочетая полевые выезды, лабораторные исследования, камеральную обработку и написание текста. Она не раз возвращалась к сложным участкам работы для уточнения данных, проводила дополнительные анализы, перепроверяла спорные выводы. Такой подход обеспечил высокую степень достоверности всех защищаемых положений.

Коллегиальность и обучаемость. В процессе работы Ч.М. Хертек постоянно взаимодействовала с сотрудниками Тувинского института комплексного освоения природных ресурсов СО РАН, Сибирского федерального университета, использовала консультации ведущих специалистов – В.И. Лебедева, С.Г. Прудникова, А.А. Монгуша, сотрудников лабораторий СФУ. Она показала себя не только старательным учеником, но и равноправным партнёром в коллективных исследованиях, умеющим отстаивать свою точку зрения и одновременно учитывать мнение коллег.

Таким образом, Ч.М. Хертек состоялась как самостоятельный исследователь, способный не только собирать и обрабатывать материал, но и генерировать новые научные идеи, обосновывать их, защищать перед научной аудиторией и внедрять в практику геологоразведочных работ. Она заслуженно может быть рекомендована к дальнейшей научной деятельности и имеет все предпосылки для успешной карьеры в области минерагении и геологии рудных месторождений.

Обоснованность защищаемых положений

Защищаемые положения, вынесенные автором на защиту, являются **вполне обоснованными** и **аргументированными**. Все три защищаемых положения взаимосвязаны, вытекают из первичного материала и не противоречат известным геологическим данным по региону. Они имеют чёткую практическую направленность, поскольку позволяют оценивать степень переработки россыпей и указывать на возможные типы коренных источников.

Научная новизна и практическая значимость

Научная новизна работы не вызывает сомнений: впервые для района проведено системное исследование типоморфизма золота, выявлены новые минеральные ассоциации (включая редкие сульфосоли и теллуриды), установлены техногенные и биогенные модификации, выполнена количественная оценка различий между неогеновым и четвертичным золотом.

Практическая значимость результатов заключается в разработке критериев для поисков коренных источников, локализации перспективных участков (палеодолины, террасоувалы) и возможной дооценке техногенных отвалов.

Общее заключение. Диссертация Ч.М. Хертек является законченной научно-квалификационной работой по актуальной тематике, отвечает паспорту специальности, содержит новые научные результаты, имеет практическую значимость и свидетельствует о высокой квалификации автора. Работа соответствует всем требованиям Положения ВАК о присуждении учёных степеней, предъявляемым к кандидатским диссертациям по специальности 1.6.10 – Геология, поиски и разведка твердых полезных ископаемых, минерагения.

Рекомендую диссертационную работу Хертек Чаяны Март-ооловны к защите на соискание учёной степени кандидата геолого-минералогических наук по специальности 1.6.10 – Геология, поиски и разведка твердых полезных ископаемых, минерагения.

Сведения о научном руководителе (авторе) отзыва:

Сазонов Анатолий Максимович, доктор геолого-минералогических наук. *Ученое звание* – профессор. *Должность*: профессор кафедры геологии, минералогии и петрографии института Цветных металлов. *Наименование организации*: Федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования «Сибирский Федеральный Университет». *Адрес организации:* 660041, г. Красноярск, пр. Свободный, 79. *Интернет сайт организации*: http://www.sfu-kras.ru. *Телефон автора*: 8-9029235177; *E-mail:*sazonov_am@ mail.ru

Я, Сазонов Анатолий Максимович, даю согласие на включение своих персональных данных в документы, связанные с работой диссертационного совета, и их дальнейшую обработку.

Доктор геолого-минералогических наук,

профессор каф. ГМ и П СФУ Анатолий Максимович Сазонов

ФГАОУ ВО «Сибирский федеральный университет»
Подпись А.М. Сазонова заверяю
Делопроизводитель
«27» 08 2026 г.