

ЗАКЛЮЧЕНИЕ ДИССЕРТАЦИОННОГО СОВЕТА 24.1.050.01 НА БАЗЕ ФЕДЕРАЛЬНОГО ГОСУДАРСТВЕННОГО БЮДЖЕТНОГО УЧРЕЖДЕНИЯ НАУКИ ИНСТИТУТА ГЕОЛОГИИ И МИНЕРАЛОГИИ ИМ. В.С. СОБОЛЕВА СИБИРСКОГО ОТДЕЛЕНИЯ РОССИЙСКОЙ АКАДЕМИИ НАУК ПО ДИССЕРТАЦИИ НА СОИСКАНИЕ УЧЕНОЙ СТЕПЕНИ КАНДИДАТА НАУК

аттестационное дело № _____
решение диссертационного совета от 25 октября 2022 г. №03/9

О присуждении **Кардашевской Веронике Николаевне**, гражданке РФ, ученой степени кандидата геолого-минералогических наук.

Диссертация **«Золотое оруденение Алгоминского рудного узла Южно-Алданской металлогенической зоны: минералогия и условия образования руд»** по специальности 1.6.10 – «геология, поиски и разведка твердых полезных ископаемых; минерагения», принята к защите 23 августа 2022 г., протокол № 03/7 диссертационным советом 24.1.050.01 на базе Федерального государственного бюджетного учреждения науки Института геологии и минералогии им. В.С. Соболева Сибирского отделения Российской академии наук (630090, г. Новосибирск, проспект академика Коптюга, д. 3), приказ МИНОБРНАУКИ России № 105/нк от 11.04.2012 г.

Соискатель **Кардашевская Вероника Николаевна**, 1992 года рождения, в 2017 году окончила магистратуру Института наук о Земле Санкт-Петербургского государственного университета по специальности 05.04.01 «Геология». В период с 2017-2021 г. обучалась очно в аспирантуре при Институте геологии алмаза и благородных металлов СО РАН по специальности 25.00.11. «Геология, поиски и разведка твердых полезных ископаемых, минерагения».

Соискатель работает младшим научным сотрудником в Федеральном государственном бюджетном учреждении науки Институте геологии алмаза и благородных металлов Сибирского отделения Российской академии наук.

Диссертационная работа начата в Санкт-Петербургском государственном университете (СПбГУ, 2015-2017 гг.) и завершена в лаборатории геологии и минералогии благородных металлов Федерального государственного бюджетного учреждения науки Института геологии алмаза и благородных металлов Сибирского отделения Российской академии наук (2017-2022 гг.).

Научный руководитель – кандидат геолого-минералогических наук, **Анисимова Галина Семеновна** работает в Федеральном государственном бюджетном учреждении науки Институте геологии алмаза и благородных металлов Сибирского отделения Российской академии наук в должности ведущего научного сотрудника лаборатории геологии и минералогии благородных металлов.

Официальные оппоненты: 1) **Майорова Татьяна Петровна**, кандидат геолого-минералогических наук, старший научный сотрудник лаборатории минералогии Федерального государственного бюджетного учреждения науки Института геологии им. Н.П. Юшкина Коми научного центра Уральского отделения Российской академии наук, 2) **Дамдинов Булат Батуевич**, доктор геолого-минералогических наук, заместитель директора по научной работе Федерального государственного бюджетного учреждения науки Геологического института им. Н.Л. Добрецова

Сибирского отделения Российской академии наук дали **положительные отзывы на диссертацию.**

Ведущая организация Федеральное государственное бюджетное учреждение науки Институт геохимии им. А.П. Виноградова Сибирского отделения Российской академии наук, г. Иркутск, **в своем положительном заключении**, подписанном **Таусоном Владимиром Львовичем**, доктором химических наук, заведующим лабораторией моделирования геохимических процессов, **Кравцовой Раисой Григорьевной**, доктором геолого-минералогических наук, ведущим научным сотрудником лаборатории моделирования геохимических процессов и **Макшаковым Артемом Сергеевичем**, кандидатом геолого-минералогических наук, старшим научным сотрудником лаборатории моделирования геохимических процессов отмечает актуальность и практическую значимость работы, которая вносит существенный вклад в реконструкцию условий образования золоторудной минерализации Алгоминского узла, понимание закономерностей ее распространения, и создает основу для выработки критериев поисков подобных объектов на площади Алданского щита.

Соискатель имеет 20 опубликованных работ по теме диссертации, в том числе 4 статьи, опубликованные в рецензируемых научных журналах, рекомендованных ВАК:

1. Анисимова Г.С., Соколов Е.П., **Кардашевская В.Н.** Золоторедкометалльное (Au-Mo-Bi-Te) оруденение Верхнеалгоминского золотоносного района (Южная Якутия) // Отечественная геология. 2017. № 5. С. 12–22.

2. **Кардашевская В.Н.**, Анисимова Г.С., Баданина Е.В., Бочаров В.Н., Пономарева Н.И. Условия образования золоторудного месторождения Бодороно, Саха (Якутия) // Записки РМО. 2020. Т. 149. № 3. С. 96–110.

3. **Кардашевская В.Н.**, Пономарева Н.И. Условия формирования сульфидной минерализации месторождения Бодороно (Южная Якутия): термодинамический аспект // Записки РМО. 2021. Т. 150. № 3. С. 114–129.

4. Kondratieva L.A., Anisimova G.S., **Kardashevskaya V.N.** Types of tellurium mineralization of gold deposits of the Aldan Shield (Southern Yakutia, Russia) // Minerals. 2021. V. 11. № 7. 698.

На диссертацию и автореферат поступило 23 отзыва (все положительные, из них 5 без замечаний) от: 1) Тюковой Е.Э., к.г.-м.н., ученого секретаря ФГБУН Научного геоинформационного центра РАН, 2) Боровикова А.А., к.г.-м.н., старшего научного сотрудника ФГБУН Института геологии и минералогии им. В.С. Соболева СО РАН, 3) Цой В.Д., д.г.-м.н., главного научного сотрудника ГУ «Института минеральных ресурсов» Госкомгеологии РУз. (Узбекистан), 4) Саввы Н.Е., д.г.-м.н., главного научного сотрудника ФГБУН Северо-Восточного комплексного научно-исследовательского института им. Н.А. Шило ДВО РАН, 5) Молчанова А.В., д.г.-м.н., заведующего отделом металлогении и геологии месторождений полезных ископаемых ФГБУ Всероссийского научно-исследовательского геологического института им. А.П. Карпинского, 6) Соколова Е.П., начальника Комплексной геологопоисковой партии ЦПСЭ АО «Якутскгеология», 7) Гребенниковой А.А., к.г.-м.н., старшего научного сотрудника ФГБУН Дальневосточного геологического института ДВО РАН, 8) Коловой Е.Е., к.г.-м.н., старшего научного сотрудника ФГБУН Северо-Восточного комплексного научно-исследовательского института им.

Н.А. Шило ДВО РАН, 9) Белогуб Е.В., д.г.-м.н., заместителя директора по научной работе ФГБУН Южно-Уральского федерального научного центра минералогии и геоэкологии УрО РАН, 10) Полуфунтиковой Л.И., к.г.-м.н., заведующей кафедрой Прикладной геологии ФГАОУ ВО «Северо-Восточный федеральный университет им. М.К. Аммосова», 11) Григорьевой А.В., к.г.-м.н., старшего научного сотрудника ФГБУН Института геологии рудных месторождений, петрографии, минералогии и геохимии РАН, 12) Неволько П.А., к.г.-м.н., и.о. заведующего лабораторией Института геологии и минералогии им. В.С. Соболева СО РАН, 13) Дворника Г.П., д.г.-м.н., ведущего научного сотрудника ФГБУН Института геологии и геохимии им. академика А.Н. Заварицкого УрО РАН, 14) Молчанова В.П., к.г.-м.н., ведущего научного сотрудника ФГБУН Дальневосточного геологического института ДВО РАН), 15) Гриненко В.С., к.г.-м.н., старшего научного сотрудника ФГБУН Института геологии алмаза и благородных металлов СО РАН), 16) Степанова В.А., д.г.-м.н., главного научного сотрудника ФГБУН Научно-исследовательского геотехнологического центра ДВО РАН, 17) Пальяновой Г.А., д.г.-м.н., главного научного сотрудника ФГБУН Института геологии и минералогии им. В.С. Соболева СО РАН и Беляевой Т.В., к.г.-м.н., научного сотрудника ФГБУН Института геологии и минералогии им. В.С. Соболева СО РАН, 18) Глухова А.Н., к.г.-м.н., ведущего научного сотрудника ФГБУН Северо-Восточного комплексного научно-исследовательского института им. Н.А. Шило ДВО РАН), 19) Томиленко А.А., д.г.-м.н., заведующего лабораторией термобарогеохимии ФГБУН Института геологии и минералогии им. В.С. Соболева СО РАН, 20) Азовской О.Б., к.г.-м.н., старшего научного сотрудника ФГБУН Института геологии и геохимии им. академика А.Н. Заварицкого УрО РАН), 21) Мустафина С.К., д.г.-м.н., профессора ФГБОУ ВО «Башкирский государственный университет», 22) Плотинской О.Ю., к.г.-м.н., старшего научного сотрудника ФГБУН Института геологии рудных месторождений, петрографии, минералогии и геохимии РАН), 23) Баданиной Е.В., к.г.-м.н., доцента кафедры геохимии ФГБОУ ВО «Санкт-Петербургский государственный университет» и Сырицо Л.Ф., д.г.-м.н., профессора кафедры геохимии ФГБОУ ВО «Санкт-Петербургский государственный университет». В отзывах отмечено, что работа основана на представительном фактическом материале с применением комплекса современных аналитических методов, выполнена на высоком профессиональном и научном уровне; защищаемые положения аргументированы и являются вкладом в обоснование связи изученных золоторудных объектов с раннемеловым этапом тектоно-магматической активизации Алдано-Станового щита и наращивание минерально-сырьевой базы региона и прогнозирование месторождений золота.

Основные замечания и вопросы касаются: 1) источников CO_2 в газовой фазе флюидных включений (Цой В.Д.), 2) недооценки наличия в рудах Ni и Pd-Pt теллуридов Bi, характерных для Cu-Ni месторождений, связанных с базитовыми интрузиями (Савва Н.Е.), 3) отсутствия сведений об объеме проанализированного материала (Молчанов А.В., Григорьева А.В., Глухов А.Н.), 4) дискуссионности выделения генераций кварца и некоторых рудных минералов (Полуфунтикова Л.И., Неволько П.А.), 5) отсутствия данных о метасоматитах месторождения Бодороно, использованных для определения Ar-Ar возраста (Неволько П.А., Дворник Г.П.), 6)

геолого-структурной позиции рудного узла, дискуссионности формационной принадлежности золотого оруденения (Степанов В.А., Плотинская О.Ю.), 7) характеристики гидротермальных растворов и редокс-условий для каждой стадии месторождения Бодороно и их корреляции с результатами изучения флюидных включений (Пальянова Г.А., Беляева Т.В.), 8) причин вариации пробности золота и отнесении его образования к одной стадии минерализации (Азовскова О.Б.), 9) соотношения газовой-жидких и газовых флюидных включений (Плотинская О.Ю.), 10) отнесения флюидных включений к стадиям минералообразования (Колова Е.Е.), 11) отсутствия сведений о содержании золота в сульфидах (Белогуб Е.В., Неволько П.А.), 12) большого временного разрыва (25 млн лет) между возрастами формирования дорудных метасоматитов месторождения Бодороно и рудоносных жил рудопроявления Дывок (Плотинская О.Ю., Баданина Е.В., Сырицо Л.Ф.).

Выбор официальных оппонентов обосновывается тем, что Дамдинов Булат Батуевич и Майорова Татьяна Петровна являются высококвалифицированными специалистами в области генезиса золоторудных месторождений, минералогии и геохимии благородных металлов. Оппоненты имеют ряд публикаций в соответствующей данной диссертационной работе сфере исследования и способны объективно оценить работу.

Выбор ведущей организации обосновывается тем, что Федеральное государственное бюджетное учреждение науки Институт геохимии им. А.П. Виноградова Сибирского отделения Российской академии наук имеет структурное подразделение (лаборатория моделирования геохимических процессов), направление научно-исследовательской деятельности которой полностью соответствует тематике рассматриваемой диссертации. Высококвалифицированные специалисты имеют большой опыт исследования в области геохимии благороднометалльных рудных систем и условий формирования месторождений и могут аргументированно оценить научную и практическую значимость диссертационной работы.

Диссертационный совет отмечает, что на основании выполненных соискателем исследований: определены условия и последовательности минералообразования для месторождения Бодороно и рудопроявления Дывок Алгоминского рудного узла, **выделено** два типа флюидов (хлоридно-натриевого и хлоридно-натрий-железо-магниевого состава), участвующих в формировании продуктивных ассоциаций месторождения Бодороно, и один тип флюида (хлоридно-натрий-железо-магниевого состава) для золотоносной стадии рудопроявления Дывок, **доказана** возрастная корреляция дорудного метасоматоза на месторождении Бодороно и рудной минерализации на рудопроявлении Дывок с этапом позднемезозойской тектоно-магматической активизации Алдано-Станового щита, **установлена** связь рудных компонентов в минералообразующей системе Алгоминского рудного узла с коровыми и магматическими мантийно-связанными источниками.

Теоретическая значимость исследования обоснована тем, что доказаны следующие положения:

1. Рудная минерализация на месторождении Бодороно образовалась в три стадии: 1) ранняя – пирит-пирротин-кварцевая, 2) промежуточная – золото-полиметаллическая и 3) золото-висмут-теллуридная. Рудопроявление Дывок

сформировалось в четыре стадии: 1) ранняя – золото-пирит-арсенопирит-кварцевая, 2) промежуточная – пирит-халькопирит-сфалеритовая, 3) кварц-буланжеритовая и 4) поздняя – теллуридная.

2. Продуктивные (Au-Polym, Au-Bi-Tel) стадии минералообразования на месторождении Бодороно происходили из двух типов флюидов: 1) хлоридно-натриевого состава с низкой соленостью при среднетемпературных условиях (270–300 °C) с присутствием CO₂ и CH₄ в газовой фазе, и 2) хлоридно-натрий-железо-магниевого состава на фоне некоторого понижения солености при низкотемпературных условиях (145–200 °C) с присутствием CO₂, CH₄ и N₂ в газовой фазе. Золотоносная (Au-Apy-Py-Q) стадия минералообразования на рудопроявлении Дывок формировалась из флюида хлоридно-натрий-железо-магниевого состава с невысокой соленостью при среднетемпературных условиях (310–360 °C) с присутствием CO₂ и CH₄ в газовой фазе.

3. Изотопные характеристики Pb месторождения Бодороно указывают на мантийно-коровый источник рудного вещества. Возраст дорудных метасоматитов составляет 150 млн лет (³⁹Ar/⁴⁰Ar). Узкий интервал значений изотопного состава S сульфидов (2.9–4.5‰) рудопроявления Дывок характеризует единый магматический (мантийный) источник рудного вещества. Золотое оруденение сформировалось в аптское время (125 млн лет, ³⁹Ar/⁴⁰Ar) и соотносится с раннемеловым этапом тектоно-магматической активизации Алданского щита.

Применительно к проблематике диссертации результативно использован комплекс современных методов: минералогических, термобарогеохимических, изотопно-геохимических и геохронологических исследований рудных зон. В процессе работы **выполнено** около 500 анализов химического состава минералов с помощью микрорентгеноспектрального анализа и сканирующей электронной микроскопии, 13 анализов определения изотопного состава свинца в сульфидах, 3 анализа изотопного состава серы в сульфидах, 15 анализов определения изотопного состава Re и Os в сульфидах, 2 определения ⁴⁰Ar/³⁹Ar возраста по мусковиту и серициту, **проанализировано** около 250 флюидных включений методами КР-спектроскопии, термо- и криометрии.

В диссертационной работе **обобщены** опубликованные и **изложены** новые собственные данные о минералогических особенностях руд, физико-химических параметрах формирования флюидов, изотопных характеристиках, возрасте дорудного метасоматоза и золотого оруденения, **впервые выделена** теллуридная минерализация для Алгоминского рудного узла, **изучена** связь стадийности минералообразования с эволюцией рудообразующей системы, **проведено** сравнение Алгоминского рудного узла с эталонными месторождениями орогенного типа (Саншандао, Ксинчен) и связанных с интрузиями (intrusion-related) (Кировское, Березитовое).

Значение полученных соискателем результатов исследования для практики подтверждается тем, что полученная информация о минеральном составе руд и параметрах минералообразующих флюидов на золоторудных объектах Алдано-Станового щита создает основу для разработки моделей образования золоторудных месторождений; результаты работы могут быть использованы при прогнозировании объектов-аналогов на территории Алдано-Станового щита и составлении схем обогащения руд.

Оценка достоверности результатов исследования выявила, что все минералогические, термобарогеохимические, изотопно-геохимические и геохронологические данные были получены с применением современных аналитических методов на сертифицированном оборудовании с использованием международных стандартных образцов в ведущих лабораториях России. Химический состав минералов определен в Ресурсном Центре СПбГУ «Геомодель» с помощью электронного сканирующего микроскопа SEM-501 Hitachi S-3400N, оснащенного энергодисперсионным спектрометром Oxford X-max 20 и в ИГАБМ СО РАН с использованием электронного сканирующего микроскопа JEOL JSM-6480LV с энергетическим спектрометром фирмы Oxford. Микротермометрия флюидных включений выполнена в РЦ СПбГУ «Геомодель» с использованием микроскопа Olympus BX53F и термокриостатика THMSG-600-ес фирмы Linkam. Состав газовой фазы определен в РЦ СПбГУ «Геомодель» на Рамановском спектрометре Horiba LabRam HR800. Определение изотопного состава свинца сульфидов проводилось в ИГГД РАН на многоколлекторном масс-спектрометре Finnigan MAT261. Изотопный анализ серы в сульфидах выполнен в ДВГИ ДВО РАН на масс-спектрометре Finnigan MAT253. $^{40}\text{Ar}/^{39}\text{Ar}$ датирование проведено с помощью масс-спектрометра Noble gas 5400 (Micromass, Англия) в ИГМ СО РАН.

Теоретическая часть работы построена на результатах изучения геологического строения, минералогических особенностей руд, РТХ-параметров минералообразующего флюида, возраста метасоматитов и рудной минерализации, изотопно-геохимических характеристик сульфидов из кварцевых жил рудных зон Алгоминского рудного узла. **Идея** диссертации базируется на общепринятых моделях формирования позднемезозойских золоторудных месторождений Алдано-Станового щита, а также результатах исследований месторождений орогенного, эпитермального типа и связанных с интрузиями (intrusion-related) (Петровская 1951; Билибин, 1958; Hedenquist et.al., 1996; Groves et.al., 1998; Silito, Thompson, 1998; Попов и др., 1999; Lang, Baker, 2001; Мигута, 2001; Ветлужских и др., 2002; Бойцов и др., 2006; Кочетков, 2006; Бойцов и др., 2010; Хомич, Борискина, 2010; Дворник, 2012; Rodionov et.al., 2014; Goldfarb, Groves, 2015; Добровольская и др., 2016; Молчанов и др., 2017; Vikent'eva et.al., 2018). **Использованы** литературные [Ohmoto, 1986; Неймарк и др., 1996; Kramers, Tolstikhin, 1997; Hoefs, 2009; Shanks, 2013; Борисенко и др., 2017; Гузев и др., 2021; Кардашевская и др., 2021] и авторские данные по различным изотопным системам минералов, обосновывающие участие мантийных и коровых компонентов в процессе рудообразования. Для сравнительной характеристики **использованы** результаты исследования золоторудных месторождений, связанных с позднемезозойской тектоно-магматической активизацией в пределах золоторудной провинции Дзяодун (Северный Китай) и Приамурской золотоносной провинции (Моисеенко, Эйриш, 1996; Моисеенко и др., 1999; Мельников и др., 2009; Рогулина, Молчанова, 2011; Гвоздев и др., 2013; Yang et.al., 2015; Deng et.al., 2020; Song et.al., 2021). **Установлена** согласованность результатов исследования соискателя с данными по геологическому строению, возрасту, минерализации и условиям образования золоторудных месторождений, связанных с этапом позднемезозойской тектоно-магматической активизации. Полученные данные не противоречат с общеизвестными фактами, являются научно-обоснованными и аргументированными. **Использованы**

современные методы обработки исходной информации и пробоподготовки. Соискателем были **изучены** образцы кварцевых жил с золоторудной минерализацией, предоставленные научным руководителем и сотрудником АО «Якутскгеология»: всего исследованы 80 образцов, изучено более 70 аншлифов, 50 полированных шлифов и 40 полированных пластинок. Из проб выделено около 30 монофракций сульфидов для проведения аналитических исследований.

Личный вклад состоит в отборе образцов и пробоподготовке для аналитических исследований. Соискателем самостоятельно проведено минералогическое исследование и детальное изучение флюидных включений из кварцевых жил, выполнена обработка и интерпретация аналитических данных. Совместно с соавторами написаны статьи и тезисы конференций. Результаты исследований обсуждались на российских и зарубежных конференциях.

На заседании 25 октября 2022 г. диссертационный совет принял решение присудить Кардашевской Веронике Николаевне учёную степень кандидата геолого-минералогических наук.

При проведении тайного голосования диссертационный совет в количестве 20 человек, из них 11 докторов наук по специальности 1.6.10, участвовавших в заседании, из 23 человек, входящих в состав совета, проголосовали: за – 20, против – 0, недействительных - нет.

Председатель
диссертационного совета

Учёный секретарь
диссертационного совета



А.Э. Изох

О.М. Туркина

25.10.2022