

На правах рукописи



АНДРЕЕВ Антон Вадимович

**ТИПЫ ЗОЛОТОГО ОРУДЕНЕНИЯ И ЗАКОНОМЕРНОСТИ ИХ
ЛОКАЛИЗАЦИИ В ПРЕДЕЛАХ НОВОГОДНЕНСКОГО РУДНОГО
ПОЛЯ И МЕСТОРОЖДЕНИЯ НОВОГОДНЕЕ-МОНТО
(ТОУПУГОЛ-ХАНМЕЙШОРСКИЙ РУДНЫЙ УЗЕЛ, ПОЛЯРНЫЙ УРАЛ)**

Специальность 1.6.10 — Геология, поиски и разведка
твердых полезных ископаемых, минерагения

АВТОРЕФЕРАТ
диссертации на соискание ученой степени
кандидата геолого-минералогических наук

Москва — 2024

Работа выполнена в Федеральном государственном бюджетном учреждении «Центральный научно-исследовательский геологоразведочный институт цветных и благородных металлов» (ФГБУ «ЦНИГРИ»)

Научный руководитель: **Мигачёв Игорь Фёдорович**, доктор геолого-минералогических наук, ФГБУ «ЦНИГРИ», отдел геолого-экономической оценки месторождений и апробации прогнозных ресурсов, главный научный сотрудник

Официальные оппоненты: **Жмодик Сергей Михайлович**, доктор геолого-минералогических наук, главный научный сотрудник лаборатории геохимии благородных и редких элементов Федерального государственного бюджетного учреждения науки «Института геологии и минералогии им. В.С. Соболева Сибирского отделения Российской академии наук (ФГБУН «ИГМ СО РАН»)

Раткин Владимир Васильевич, доктор геолого-минералогических наук, ведущий научный сотрудник лаборатории рудно-магматических систем Федерального государственного бюджетного учреждения науки «Дальневосточного геологического института дальневосточного отделения Российской академии наук» (ФГБУН «ДВГИ ДВО РАН»)

Ведущая организация: Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Московский Государственный Университет им. М.В. Ломоносова», Геологический факультет, Кафедра геологии, геохимии и экономики полезных ископаемых

Защита состоится 22 октября 2024 г. в 14 час. – 00 мин. на заседании Диссертационного совета 30.1.001.01 (Д 216.022.01), созданного на базе Федерального государственного бюджетного учреждения «Центральный научно-исследовательский геологоразведочный институт цветных и благородных металлов» (ФГБУ «ЦНИГРИ»)

Адрес: 117545, Москва, Варшавское шоссе, д. 129, корп. 1

С диссертацией можно ознакомиться в читальном зале научно-технической библиотеки ФГБУ «ЦНИГРИ» (г. Москва, Варшавское шоссе, д. 129, корп. 1) и на сайте ФГБУ «ЦНИГРИ»:

<https://www.tsnigri.ru/ru/andreev>

https://www.tsnigri.ru/disser/Andreev/Andreev_A_V_DIS.pdf

Автореферат разослан «_____» августа 2024 г.

Ученый секретарь Диссертационного совета



С.С. Двуреченская

ВВЕДЕНИЕ

Актуальность проблемы. Пик интереса к изучению коренной золотоносности Полярного Урала на территории Ямало-Ненецкого автономного округа (ЯНАО) пришелся на конец 1990-х – 2000-е гг. в связи с планами по реализации социально-экономического проекта «Урал Промышленный – Урал Полярный» (УПУП). Наибольшие успехи в отношении выявления коренных золоторудных объектов в этот период были достигнуты в пределах позднесилурийско-девонского Малоуральского вулcano-плутонического пояса (ВПП). Наиболее изучен в ходе этих работ Тоупугол-Ханмейшорский рудный узел (в северной части Малоуральского ВПП) и Новогодненское рудное поле в его пределах (работы ОАО «ПУГПП», ОАО «Ямальская горная компания» (ОАО «ЯГК»), АО «Ямалзолото», ФГУП ЦНИГРИ, Бронницкая ГГЭ, ООО «НПП Геосфера», и др.), что позволило выявить и оценить золоторудные месторождения Новогоднее-Монто и Петропавловское.

В 2010-х гг. интерес к рудным объектам Полярного Урала резко снизился, в связи с запуском газовых месторождений на Ямале и приостановкой проекта УПУП. При этом, месторождения Новогоднее-Монто и Петропавловское были заморожены на стадии подготовки к освоению, а дальнейшее изучение перспектив выявления новых золоторудных объектов было практически прекращено.

Необходимость возобновления поисков и освоения коренных месторождений золота на Полярном Урале вновь была обозначена государственной программой «Социально-экономического развития Арктической зоны РФ». Программа предполагает развитие ресурсной базы Арктической зоны, направленной на повышение инвестиционной привлекательности расположенных в ее пределах регионов, к которым относится ЯНАО. В связи с этим, возникла необходимость уточнить и актуализировать ранее созданные прогнозно-поисковые модели, на основе которых выделить новые площади для постановки геологоразведочных работ (ГРР) нацеленных на укрепление минерально-сырьевой базы золота территории ЯНАО.

Цель исследований: актуализация комплексной разноранговой (рудный узел – рудное поле – месторождение) прогнозно-поисковой модели объектов золото-сульфидно-кварцевой формации для условий Малоуральского ВПП, на основе установленных и уточненных рудоконтролирующих и рудолокализирующих критериев и признаков Тоупугол-Ханмейшорского рудного узла, Новогодненского рудного поля и месторождения Новогоднее-Монто, для применения модели при выделении перспективных площадей, проведения в их пределах ГРР, оценки перспективности выявляемых рудопроявлений.

Основные задачи исследований. В соответствии с поставленной целью, проведенные исследования были направлены на решение следующих задач.

1. Определить основные характеристики металлогенических таксонов с оруденением золото-сульфидно-кварцевой формации рангов рудный узел и рудное поле, в том числе их структурной позиции, геологического строения, отражения в геохимических и геофизических полях.

2. Уточнить типизацию золотого оруденения Новогодненского рудного поля, закономерности его размещения и локализации, минералого-геохимические характеристики руд и сопровождающих их метасоматических изменений.

3. Установить комплекс геологических, морфологических, минералогических, геохимических и других особенностей золотого оруденения на примере месторождения Новогоднее-Монто, определить роль геологических процессов в рудообразовании, последовательность и физико-химические условия формирования руд.

4. Разработать уточненный комплекс рудоконтролирующих и рудолокализирующих критериев и признаков промышленного золото-сульфидно-кварцевого оруденения, как элементов актуализированной прогнозно-поисковой модели разноранговых объектов с целью использования модели при выделении перспективных площадей, планирования ГРП и оперативной оценки выявляемого оруденения.

Фактический материал, методы исследований и личный вклад автора.

Основой диссертационной работы является фактический материал, полученный автором в качестве основного исполнителя полевых и камеральных исследований, проведенных в период 1999 – 2010 годов в рамках работ по десяти госбюджетным и договорным проектам, нацеленным на изучении золотоносности и перспектив выявления медно-порфирового оруденения Полярного Урала под руководством ведущих специалистов ЦНИГРИ — А.Г. Волчкова, Н.М. Риндзюнской, В.С. Звездова.

В ходе этих исследований автором составлены детальные планы и разрезы масштабов 1:1 000–1:100 месторождения Новогоднее-Монто и рудопроявлений Тоупугол-Ханмейшорского рудного узла по результатам собственной документации канав — 2 300 погонных метров, расчисток — 3 расчистки, керна скважин — 8 700 погонных метров, с использованием первичной документации керна скважин геологических служб АО «Ямалзолото» и ОАО «ЯГК» — более 40 000 погонных метров и результатов опробования — более 20 000 определений содержаний Au. По результатам собственных маршрутных исследований и фондовым материалам, автором составлены разномасштабные (1:200 000–1:5 000) геологические и прогнозные карты для Малоуральского ВПП, рудных узлов в его пределах, перспективных участков.

По образцам и пробам, отобранным автором, в лабораториях и подразделениях ЦНИГРИ проведен большой комплекс аналитических исследований, результаты которых использованы в диссертации: анализ состава протолочных проб руд — 4 пробы; рентгено-спектральный анализ рудных минералов — 110; ICP-MS анализ сульфидов и магнетита — 310; рентгенофазовый анализ слюд и хлоритов — 50; термометрический и криометрический анализ флюидных включений в минералах — 130; валовый анализ состава включений в кварце (ионная и газовая хроматография ICP-MS) — 11; определения изотопного состава: серы сульфидов — 85, углерода и кислорода карбонатов — 55, кислорода силикатов и магнетита — 12; полный силикатный анализ — 14; ПКСА, спектральный и пробирный анализы на Au геохимических, штучных, сколовых проб; в ГЕОХИ РАН Rb-Sr методом определены абсолютные возраста пород и метасоматитов — 12 определений. Совместно с специалистами отдела минералогии и изотопной геохимии ЦНИГРИ автором выполнены минералогические исследования шлифов — 260 и аншлифов — 140.

Для полной характеристики объектов исследования привлечены и интерпретированы первичные геологические, геохимические и геофизические материалы, полученные сторонними организациями (ООО «НПО Геосфера», ИМГРЭ, Бронницкая ГГЭ, СУГРЭ); учтены публикации предшественников, фондовые материалы, а также новые данные, опубликованные другими исследователями во время работы автора над диссертацией.

Автором выполнена интерпретация всех полученных результатов, проведено их обобщение и сформулированы выводы.

Защищаемые положения.

1. Новогодненское золоторудное поле расположено в пределах Тоупугол-Ханмейшорского рудного узла, который приурочен к «провесу кровли» краевой части крупного батолитоподобного интрузивного массива собского диорит-кварцдиорит-тоналитового комплекса раннедевонского возраста и сложен палеозойскими вулканогенно-терригенно-

карбонатными породами. Рудное поле контролируется ареалом распространения апофиз (штокообразной и сложной формы) массива, имеет мозаично-блоковое строение и отчетливо выделяется геохимическими аномалиями золота, серебра, меди, молибдена и ртути.

2. Новогодненское рудное поле соответствует рудно-магматической системе (РМС), включающей интрузивы рудоносного собского комплекса и сопровождающие их рудно-метасоматические образования. В процессе эволюции РМС сформировалось три типа золотого оруденения: 1) золото-сульфидно-магнетитовый в скарнах на контактах туфогенно-осадочных и карбонатных пород; 2) золото-сульфидный штокверковый в хлорит-альбитовых метасоматитах в экзоконтактах даек диорит-порфиритов; 3) золото-сульфидно-кварцевый жильно-прожилковый в березитоподобных метасоматитах, приуроченных к линейным зонам трещиноватости.

3. Промышленную значимость месторождения Новогоднее-Монто определило сочетание скарновых «залежей» с золото-сульфидно-магнетитовым оруденением и крутопадающих зон березитоподобных метасоматитов с золото-сульфидно-кварцевым оруденением в надынтрузивной зоне штоков диорит-кварцдиорит-тоналитового состава рудоносного интрузивного комплекса. На ранней стадии рудообразования сформировалось оруденение золото-сульфидно-магнетитового и золото-сульфидного типов, а на поздней стадии — золото-сульфидно-кварцевого типа. Для каждого из типов определены минералогическо-геохимические особенности и физико-химические условия образования на основе результатов комплекса изотопных и минералогическо-геохимических исследований.

4. Разработана прогнозно-поисковая модель разноранговых золоторудных объектов (рудный узел – рудное поле – месторождение), включающая рудоконтролирующие и рудолокализирующие критерии и признаки: магматические, литологические, структурные, минералогические, морфологические, геохимические и геофизические. Созданная модель позволила выделить ряд перспективных площадей в пределах Тоупугол-Ханмейшорского рудного узла и других районов Полярного Урала и разработать рекомендации по направлениям дальнейших геологоразведочных работ. На рекомендованных площадях проведены поисковые работы, в результате которых выявлен ряд рудопроявлений и оценены прогнозные ресурсы золота категории Р₂.

Научная новизна. В данной работе впервые проведен комплексный анализ, обобщение и переинтерпретация информации накопленной в ходе работ автора в составе группы специалистов ЦНИГРИ в пределах Тоупугол-Ханмейшорского рудного узла и других перспективных площадей Малоуральского ВПП.

1. Обоснована геолого-структурная позиция Тоупугол-Ханмейшорского рудного узла в «провесе кровли» краевой части крупного интрузивного массива. Впервые выделены и обоснованы рудно-магматические системы, соответствующие рудным полям. Получены новые данные о возрасте пострудных магматических образований Новогодненского рудного поля, позднее подтвержденные другими исследователями.

2. Получены новые данные о составе рудно-метасоматических образований Новогодненского рудного поля. На основе геологических, минералогических, изотопно-геохимических данных подтверждена обоснованность выделения трех структурно-вещественных типов оруденения: золото-сульфидно-магнетитового в скарнах, золото-сульфидного в эндоконтактах даек диорит-порфиритов и золото-сульфидно-кварцевого в березитоподобных метасоматитах. При этом для золото-сульфидно-магнетитового и золото-сульфидного типов обоснованы их промышленные перспективы, подтвержденные последующими разведочными работами на месторождениях Новогоднее-Монто и Петропавловское.

3. Существенно уточнен состав оруденения выделяемых типов и связь золота с рудными минералами, в том числе впервые установлена тесная связь высокопробного золота в скарнах с кобальтином, впервые установлена тесная связь золота с теллуридами в жилах метасоматического кварца, впервые установлен химический состав рудных минералов (пирит, кобальтин, пирротин, халькопирит, теллуриды, самородное золото). Впервые получены данные о изотопном составе серы сульфидов выделенных типов оруденения и о различиях изотопного состава кислорода магнетитов золотоносных и незолотоносных залежей. Для золото-сульфидно-кварцевого типа оруденения, уточнен структурный контроль зонами трещиноватости сдвигового типа и оперяющими системами трещин. Определены пространственные взаимоотношения золото-сульфидно-магнетитового и золото-сульфидно-кварцевого типов и сопровождающих их метасоматитов в пределах месторождения Новогоднее-Монто. Впервые установлены признаки влияния пострудных интрузий на сформированные руды.

4. На основе геологических взаимоотношений, минералогических, изотопно-геохимических и физико-химических данных уточнена и обоснована геолого-генетическая модель золоторудных объектов Новогодненского рудного поля, впервые установлены температуры формирования изученных типов золотого оруденения и эволюция рудообразования, включающая две продуктивные стадии (щелочную и кислотную) проходящие на фоне снижения температур и повышения кислотности растворов при едином глубинном источнике вещества.

Часть полученных соискателем результатов позднее была подтверждена другими исследователями с применением альтернативных методик, что указывает на достоверность этих результатов и их воспроизводимость.

Практическая значимость.

Работа направлена на решение актуальной проблемы по расширению минерально-сырьевой базы золота полярноуральской части ЯНАО, а также других районов Урала. Разработанная актуализированная комплексная разноранговая прогнозно-поисковая модель, для которой соискателем определен широкий комплекс структурных, магматических, литологических, минералогических, геохимических и геофизических критериев и признаков (многие определены соискателем впервые), обеспечивает выделение перспективных площадей рангов рудный узел, рудное поле для обоснования и постановки поисковых работ, повышает эффективность проведения работ на выделенных площадях, а также достоверность распознавания и оценки перспектив выявляемых рудопроявлений золота на ранних стадиях ГРП. С использованием созданной модели и составленных соискателем разномасштабных прогнозных карт, проведены поисковые работы на ряде перспективных площадей и выявлены рудопроявления золота. В диссертации обоснованы дальнейшие перспективы выявления новых золоторудных месторождений в пределах Малоуральского ВПП, а также обоснована возможность применения разработанной модели при прогнозе и поисках золотого оруденения в пределах других ВПП Урала, характеризующихся сходными геолого-структурной позицией, набором слагающих их формаций и составом продуктивной вулcano-плутонической ассоциации.

Положения диссертационной работы были успешно использованы при разработке направлений геологоразведочных работ в пределах Тоупугол-Ханмейшорского рудного узла и других площадей в пределах Малоуральского ВПП ОАО «ЯГК» и АО «Ямалзолото», а также применены при проведении поисковых работ на золото ФГУП «ИМГРЭ» в южной части Малоуральского ВПП за счет федерального бюджета. При этом были опис-

кованы известные (Ханмейшорское, Карьерное, 1-й Колчеданный) и выявлены новые золоторудные проявления (Аномальное, Караченцева, Тоупугольское, Полярная Надежда, Геохимическое и др.), что позволило высоко оценить потенциал всего Малоуральского ВПП на выявление промышленных золоторудных объектов, обосновать и рекомендовать автором продолжение поисковых работ в пределах Манюкуйского и Кокпельского потенциальных рудных узлов в южной части Малоуральского ВПП.

Апробация результатов. Основные материалы и положения диссертации докладывались на научных и научно-практических конференциях: «Проблемы магматической и метаморфической петрологии» (МГГА, 2001), «Прикладная минералогия в решении проблем прогнозирования, поисков и оценки месторождений ПИ» (ВИМС, 2001), «Минерально-сырьевая база и экология» (ИМГРЭ, 2002), «Чтения памяти Н.И. и М.Б. Бородаевских» (ЦНИГРИ, 2004), «Геология, полезные ископаемые и геоэкология северо-запада России» (Карельский НЦ РАН, 2006), «Роль Минералогии в познании процессов рудообразования» (ИГЕМ РАН, 2007), «XVIII Симпозиум по геохимии изотопов» (ГЕОХИ, 2007), «Актуальные проблемы геологического изучения недр и воспроизводства минерально-сырьевой базы ТПИ» (ВИМС, 2008), «Научно-методические основы прогноза, поисков и оценки месторождений цветных и благородных металлов, алмазов» (ЦНИГРИ, (2006, 2008, 2011, 2016, 2018, 2021). Доклады автора опубликованы в сборниках тезисов соответствующих конференций.

Результаты исследований вошли в виде отдельных разделов и их частей в 10 отчетах по государственным контрактам и договорным работам, а также были использованы автором для оконтуривания перспективных площадей Полярного Урала, разработки обоснований постановки в их пределах поисковых работ и включения этих площадей в «По-объектный план (перечень объектов) геологоразведочных работ на ТПИ за счет средств федерального бюджета».

Публикации. Результаты исследований, представленные в диссертации, изложены в 16 печатных работах, из них 4 статьи в реферируемых журналах. Материалы исследований автора также вошли в монографию «Золоторудные месторождения России» под редакцией М.М. Константинова (2010 г.).

Структура и объем работы. Диссертация состоит из введения, четырех глав и заключения. Текст диссертации в объеме 284 страниц сопровождается 92 иллюстрациями и 25 таблицами, список литературы содержит 208 наименований.

В первой главе «История изучения, региональная позиция и геологическое строение Тоупугол-Ханмейшорского рудного узла» проанализированы изученность рудного узла, положение его в региональных структурах, связь золотого оруденения с эволюцией Малоуральского ВПП. Во второй главе «Новогодненское рудное поле и типы золотого оруденения» обоснована типизация золотого оруденения Новогодненского рудного поля, дана характеристика выделенных типов, условий их локализации. В третьей главе «Детальная характеристика геологического строения и руд месторождения Новогоднее-Монто, как эталонного золоторудного объекта» подробно рассмотрена геология месторождения Новогоднее-Монто, морфология и строение рудных тел, минеральный состав руд, метасоматические изменения, последовательность минералообразования. В четвертой главе «Геолого-генетические аспекты формирования объектов Новогодненского рудного поля, прогнозно-поисковая модель и ее практическое применение» рассмотрены генетические аспекты формирования руд, охарактеризован комплекс прогнозно-поисковых критериев и признаков золотого оруденения, представлены результаты применения автором разработанной модели для прогнозных и поисковых целей.

Благодарности. Работа выполнена в ФГБУ «ЦНИГРИ». Автор выражает глубокую благодарность научному руководителю работы главному научному сотруднику ФГБУ «ЦНИГРИ» д. г.-мин. наук И.Ф. Мигачёву, исполняющему обязанности генерального директора ФГБУ «ЦНИГРИ» д. г.-мин. наук А.И. Иванову, заведующему научно-методическим отделением ФГБУ «ЦНИГРИ» канд. г.-мин. наук А.Г. Волчкову, начальнику отдела металлогении ФГБУ «ЦНИГРИ» д. г.-мин. наук В.С. Звездову за создание условий для выполнения работы, поддержку, консультации по широкому кругу вопросов, касающихся подготовки диссертации. Автор благодарит за содействие при проведении полевых работ и предоставленные материалы руководству и сотрудникам геологоразведочных организаций АО «Ямалзолото», ОАО «ЯГК», ОАО «ПУГТП», ООО «Ямалгео»: В.А. Лючкина, А.Г. Процкого, И.Г. Перминова, М.М. Гаптулкадырова, А.П. Прямоносова, А.Е. Степанова, В.В. Кенига, О.В. Водоватова и др. Автор признателен за огромную помощь и поддержку коллегам из ЦНИГРИ, которые участвовали совместно с ним в изучении Полярного Урала: М.М. Гирфанову, С.Г. Кряжеву, А.А. Черемисину, В.Г. Сапожникову, Н.М. Риндзюнской, Б.С. Зеликсону, С.С. Двуреченской, Р.Х. Мансурову, Е.А. Черемисиной, Т.П. Зубовой и др. Дополнительные консультации в вопросах работы были предоставлены Г.В. Ручкиным, А.Н. Барышевым, В.П. Новиковым, В.Д. Конкиным, О.В. Мишиной, В.Е. Васюковым, В.В. Столяренко и другими специалистами ЦНИГРИ.

ОСНОВНОЕ СОДЕРЖАНИЕ РАБОТЫ

Новогодненское рудное поле с золоторудными месторождениями Новогоднее-Монто и Петропавловское, а также серией рудопроявлений расположено в восточной части Тоупугол-Ханмейшорского рудного узла в пределах северного сектора Малоуральского вулcano-плутонического пояса (ВПП) Полярного Урала (Рис. 1А).

История геологического изучения площади рудного узла и Новогодненского рудного поля съемочными и поисковыми работами насчитывает многие десятилетия [Монто, 1961ф; Цымбалюк, 1976ф; Мокрый, 1993ф; Прямоносков, 1994ф и др.]. Малоуральский или Войкарский ВПП был выделен и охарактеризован еще в 80-х годах [Язева, 1984], однако целенаправленные поиски золота начались лишь в середине 90-х гг. ОАО «ПУГТП» [Гаптулкадыров, 1999ф; Перминов, 2002ф], которые привели к открытию двух месторождений и целого ряда золоторудных проявлений ОАО «ЯГК» и АО «Ямалзолото» [Бординов, 2005ф; Лючкин, 2009ф и др.].

Автор с 1999 по 2010 гг. совместно с группой специалистов ЦНИГРИ (А.Г. Волчков, Н.М. Риндзюнская, А.А. Черемисин, М.М. Гирфанов, С.Г. Кряжев, С.С. Двуреченская, Р.Х. Мансуров и др.) принял непосредственное участие в изучении геологии и золотоносности Новогодненского рудного поля и месторождений в его пределах. Параллельно с работами ЦНИГРИ, объекты рудного поля изучали: В.И. Силаев [2003]; Е.В. Карелина [2001, 2002 и др.]; В.В. Григорьев [2003]; А.П. Прямоносков [2004ф]; А.П. Трофимов [2002, 2005 и др.]; Е.В. Черняев [2005] и др. Позднее, исследования проводили: С.Г. Соловьев [2013]; И.В. Викентьев [2013, 2016]; Ю.Н. Иванова [2015, 2016 и др.]; О. Якубович [2021] и др., что указывает на большой интерес к рассматриваемой автором территории.

Первое защищаемое положение доказывается в главах 1 и 2 диссертации.

Первое защищаемое положение диссертации: *«Новогодненское золоторудное поле расположено в пределах Тоупугол-Ханмейшорского рудного узла, который приурочен к «провесу кровли» краевой части крупного батолитоподобного интрузивного массива соб-*

ского диорит-кварцдиорит-тоналитового комплекса раннедевонского возраста и сложен палеозойскими вулканогенно-терригенно-карбонатными породами. Рудное поле контролируется ареалом распространения апофиз (штокообразной и сложной формы) массива, имеет мозаично-блоковое строение и отчетливо выделяется геохимическими аномалиями золота, серебра, меди, молибдена и ртути».

Тоупугол-Ханмейшорскому рудному узлу соответствует изометричная депрессионная структура (130 км²), интерпретируемая автором в качестве «провеса кровли» [Андреев, 2001¹, 2006 и др.] краевой части крупного батолитоподобного интрузивного массива собского диорит-кварцдиорит-тоналитового комплекса раннего девона, сформированная в узле пересечения разнонаправленных (BCB и CC3 ориентировок) зон региональных тектонических нарушений (см. Рис. 1А).

Депрессионная структура рудного узла способствовала сохранности от эрозии комплекса стратифицированных и прорывающих их интрузивных палеозойских образований (в соответствии с ГГК-200 [Душин, 2014]), которые автором относятся к последовательному ряду геологических формаций, отвечающих этапам развития Малоуральского ВПП (на основе представлений о строении ВПП Урала А.И. Кривцова и И.Ф. Мигачева [Кривцов, 1997, 1999]). Формации основания ВПП: недифференцированная базальтовая (соколинская толща O₂₋₃) и флишевая (ханмейшорская толща O₃-S₁); формации продуктивной ВПА ВПП: вулканогенно-терригенно-карбонатная базальт-андезитобазальтовая (тоупугольская толща S₂-D₁) и интрузивная габбро-кварцдиорит-тоналитовая (собский комплекс D₁); пострудная ВПА раннеконтинентального режима развития ВПП: трахибазальт-трахидацитовая (кевсоимская толща D₂) и габбро-монцодиоритовая (конгорский комплекс D₂₋₃); перекрывающая образования ВПП терригенно-карбонатная формация (тоупуголегартская толща D₂₋₃); габбро-диабазовая формация (малоханмейский комплекс D₃-T?) отражает субплатформенную тектоно-магматическую активизацию. Установленный набор геологических формаций указывает на принадлежность «островодужному» базальтоидному типу ВПП [Кривцов, 1999] (наибольшее сходство, по мнению автора, наблюдается с Именновским ВПП Среднего Урала и Ирендыкским ВПП Южного Урала).

Новогодненское рудное поле [Андреев, 2008, 2016¹ и др.] (около 8 км²) с золоторудными месторождениями Новогоднее-Монто и Петропавловское (Рис. 1Б), контролируется в пределах узла ареалом распространения апофиз (штокообразной и сложной формы) диорит-кварцдиорит-тоналитового состава батолитоподобного массива собского рудноносного комплекса (D₁), внедрившихся в моноклинально залегающие с падением в юго-восточных румбах [Прямоносков, 1994ф] рудовмещающие вулканогенно-осадочные породы базальт-андезитобазальтового состава тоупугольской толщи (S₂-D₁), включающие крупные рифогенные постройки и линзы мраморизованных известняков. Указанный комплекс пород, как обозначено выше, составляют продуктивную ВПА Малоуральского ВПП. Общее моноклинальное залегание стратифицированных пород осложнено многочисленными разрывными нарушениями высоких порядков, приразломными и приинтрузивными складками.

Интенсивная тектоническая проработка вулканогенно-терригенно-карбонатной толщи обусловила внедрение по ослабленным субвертикальным и субпластовым зонам трещиноватости гребне- и силлообразных выступов интрузивных штоков собского комплекса, представленных порфировидными фациями, а также даек и серий даек диорит-порфиритов и кварцевых диорит-порфиритов.

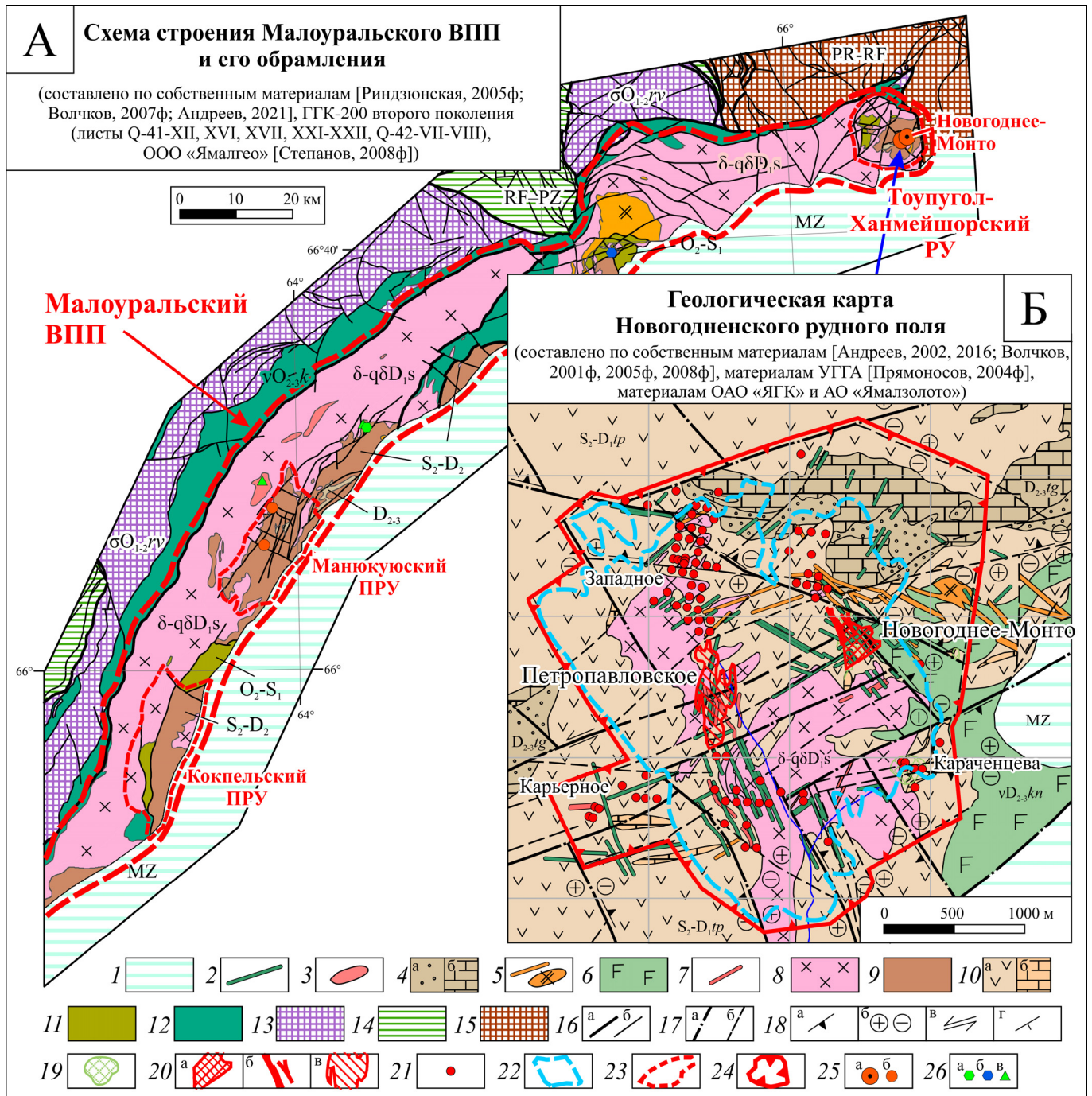


Рис. 1 Схема строения Малоуральского ВПП и его обрамления (А); Геологическая карта Новогодненского рудного поля с рудной нагрузкой (Б)

В формировании сложной мозаичной структуры рудного поля участвуют разрывные нарушения различных рангов двух основных систем — восток–северо-восточной до субширотной и северо-западной до субмеридиональной (см. Рис. 1Б). Сочетание разрывов этих систем определяет позицию интрузивных штоков, их выступов, порфировых даек, развитие ореола метасоматических изменений и сопряженного золотого оруденения.

В пределах рудного поля распространена также серия образований разновозрастных пострудных интрузивных формаций — габбро-долериты и монцодиорит-порфириты (конгорский комплекс D_{2-3}), диабазы и лампрофиры (малоханмейский комплекс $D_3-T?$), которые контролируются неоднократно подновлявшимися рассмотренными системами разрывных нарушений и сильно усложняют структуру поля. Понижения рудовмещающей толщи заполнены карбонатными и вулканомиктовыми отложениями D_3 .

Рудное поле выражено комплексной, но слабоконтрастной, геохимической аномалией Au (0,002–0,3 г/т) и его элементов-спутников — Cu (0,005–0,01 %), Mo (0,00015–0,0003 %), Ag (0,06–1 г/т), Hg (4–7 г/т) [Юшко, 2007ф; Андреев, 2008]. Геофизические поля характеризуются областью совмещения серии аномалий кажущейся поляризуемости ($>1,5$ %) и магнитного поля (>300 нТл), участками относительно пониженных удельных электрических сопротивлений (<2500 Ом·м) [Ястребов, 2008ф; Андреев, 2008].

Таким образом, доказана позиция рудного узла в «провесе кровли» крупного интрузивного массива, приуроченность рудного поля к ареалу распространения штокообразных интрузивов рудоносного собского комплекса, установлены системы разрывных нарушений, определяющие мозаично-блоковое строение рудного поля и отчетливое выражение рудного поля геохимическими аномалиями золота и элементами спутниками, в меньшей степени, геофизическими аномалиями.

Второе защищаемое положение доказывается в главе 2 диссертации.

Второе защищаемое положение диссертации: *«Новогодненское рудное поле соответствует рудно-магматической системе (РМС), включающей интрузивы рудоносного собского комплекса и сопровождающие их рудно-метасоматические образования. В процессе эволюции РМС сформировалось три типа золотого оруденения: 1) золото-сульфидно-магнетитовый в скарнах на контактах туфогенно-осадочных и карбонатных пород; 2) золото-сульфидный штокверковый в хлорит-альбитовых метасоматитах в экзоконтактах даек диорит-порфиритов; 3) золото-сульфидно-кварцевый жильно-прожилковый в березитоподобных метасоматитах, приуроченных к линейным зонам трещиноватости».*

Взаимодействие интрузивных штоков рудоносного собского комплекса и сопровождаемых их внедрение гидротермальных растворов с тектонизированной гетерогенной вулканогенно-теригенно-карбонатной толщей определило широкое развитие в пределах рудного поля полихронно-полиформационных метасоматических преобразований.

Ранние метасоматические изменения проявлены в виде площадного ареала пропицитов актинолит-эпидотовой, эпидот-хлоритовой и кальцит-хлоритовой фаций [Черняев, 2005; Андреев, 2006]. Более поздняя возрастная группа представлена известковыми скарнами, приуроченными к контактам карбонатных и вулканогенно-осадочных пород, в том числе и на удалении от десятков до первых сотен метров от интрузивных массивов. К этой же группе автором относятся хлорит-альбитовые ($\pm$ кварц, кальцит) пропилиты, тесно ассоциирующие с экзоконтактовыми областями тел порфировидных и порфировых диоритов и кварцевых диоритов. Завершает метасоматические процессы образование березито-

подобных кварц-хлорит-кальцит-серицитовых метасоматитов с кварц-кальцитовыми прожилками и осевыми жилами метасоматического кварца. Аргиллизация, фиксируемая по наличию гидрослюд и смектитов, проявлена незначительно.

Сочетание в пространстве интрузивных штоков рудоносного комплекса, сопровождающих их порфировидных и порфировых выступов и даек, прорываемая ими вулканогенно-терригенно-карбонатная толща с тектонически дислоцированными участками (благоприятными для проницаемости рудоносными растворами и рудоотложения), сопутствующий внедрению интрузивов комплекс полихронно-полиформационных метасоматических изменений и сопряженная с метасоматитами золоторудная минерализация являются составляющими единой рудно-магматической системы (РМС) ранга рудного поля.

По результатам комплексного геолого-минералого-геохимического изучения золоторудных объектов Новогодненского рудного поля — месторождений Новогоднее-Монто и Петропавловское, автором установлено, что в процессе эволюции данной РМС сформировано три типа золотого оруденения [Андреев, 2006, 2016¹]. В качестве типов оруденения автором рассматриваются структурно-вещественные типы, различающиеся геолого-структурной позицией, составом метасоматических изменений, рудными минеральными ассоциациями, характеристиками золота. Данные типы, в соответствии с методическими руководствами ЦНИГРИ [Оценка ... Выпуск «Золото», 2002], могут быть отнесены к субформациям единой золото-сульфидно-кварцевой рудной формации.

1) Золото-сульфидно-магнетитовый тип [Гаптулкадыров, 1999ф; Черемисин, 2000; Андреев, 2001², 2006 и др.] тесно связан с пироксен-гранатовыми ($\pm$ эпидот) инфильтрационными скарнами, которые контролируются областью контактов вулканогенно-осадочных и карбонатных пород, и приуроченными к ним магнетитовым телам, реже — с околоскарновыми пропилитизированными породами и мраморизованными известняками (Рис. 2А). Данный тип представлен массивными, струевидными и гнездово-прожилково-вкрапленными золотоносными магнетитовыми и сульфидно-магнетитовыми рудами, формирующими линзовидные и линзовидно-субпластовые залежи, реже жилоподобные тела (в тектонических зонах на флангах субпластовых тел).

Главными рудными минералами являются магнетит, пирит, кобальтин, халькопирит; второстепенными — пирротин, арсенопирит, сфалерит, марказит, гематит. Степень золотоносности этого типа руд определяется преимущественно количеством кобальтина и кобальтсодержащего пирита. Золото самородное представлено двумя разновидностями: высокопробным — 900–990 ‰, тесно ассоциирующим с кобальтином и магнетитом (более раннее), средней пробности — 760–880 ‰, ассоциирующим с пиритом, халькопиритом, жильными минералами. Данный тип оруденения отнесен автором к золото-скарновой субформации золото-сульфидно-кварцевой формации, является ведущим на месторождении Новогоднее-Монто («новогодненский тип» оруденения).

2) Золото-сульфидный штокверковый тип [Гаптулкадыров, 1999ф; Андреев, 2001², 2008; Мансуров, 2007, 2013, 2017 и др.] тесно связан с хлорит-альбитовыми и альбитовыми пропилитоподобными метасоматитами с переменным количеством кварца и кальцита, образованными в экзоконтактах выступов и даек порфировидных и порфировых диоритов и кварцевых диоритов среди вулканогенно-осадочных и интрузивных пород. Данные метасоматиты имеют относительно выраженную зональность [Мансуров, 2013]: эпидот-кальцит-хлоритовая (внешняя), пирит-хлорит-альбитовая (промежуточная) и пирит-альбитовая (внутренняя) зона. Данный тип формирует штокверки прожилково-вкрапленной сульфидной минерализации линейной и изометричной формы (Рис. 2Б).

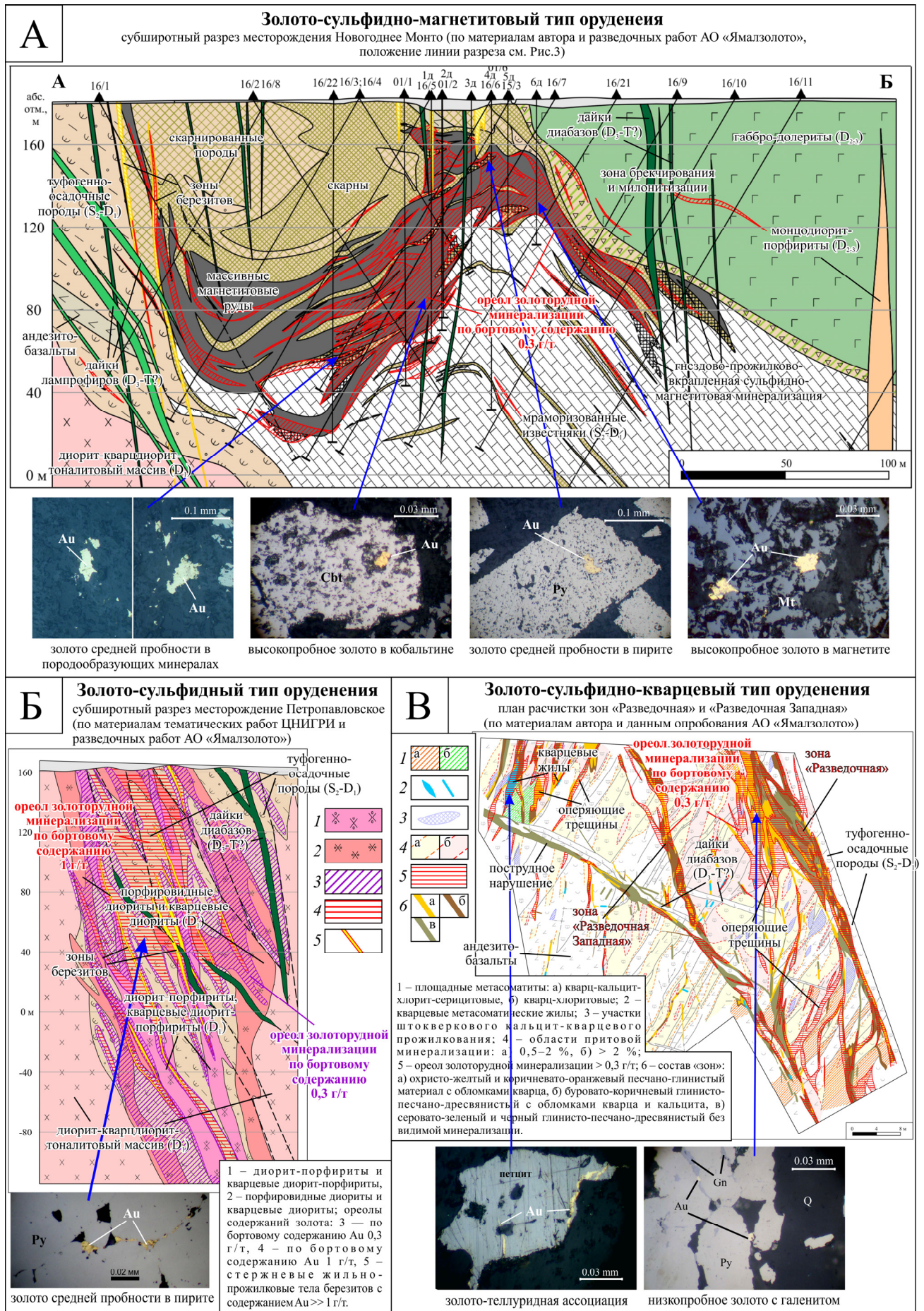


Рис. 2 Типы золотого оруденения Новогодненского рудного поля: А) золото-сульфидно-магнетитовый, Б) золото-сульфидный, В) золото-сульфидно-кварцевый

Главным минералом этого типа является пирит, иногда кобальтосодержащий. Кроме пирита присутствуют халькопирит, магнетит, пирротин. С количеством пирита напрямую связано содержание золота. Наиболее обогащены пиритом и золотом альбитовые метасоматиты внутренних частей метасоматического ореола. Золото средней пробыности — 830–870 ‰. Оруденение рассматриваемого типа наиболее широко представлено на месторождении Петропавловское («петропавловский тип»), где распространено в виде полосы шириной 200–300 м и протяженностью более 800 м, и отнесен автором к золото-порфировой субформации золото-сульфидно-кварцевой формации. Детальная характеристика месторождения Петропавловское, метасоматитов и золотого оруденения в его пределах представлена во многих публикациях Р.Х. Мансурова, И.В. Викентьева, Ю.Н. Ивановой.

3) Золото-сульфидно-кварцевый жильно-прожилковый тип ассоциирует с зонами березитоподобных кварц-хлорит-кальцит-серицитовых метасоматитов («березитов»), приуроченных к тектоническим зонам дробления и трещиноватости в вулканогенно-осадочных, реже интрузивных, породах (Рис. 2В). «Березиты» являются первым типом золотоносных образований, установленных в пределах рудного поля [Мокрый, 1993ф], при этом, ряд исследователей [Карелина, 2001, 2002; Григорьев, 2003; Силаев, 2003 и др.] считали его главным и рекомендовали проводить дальнейшие поиски именно оруденения такого типа. Автором и специалистами ЦНИГРИ [Черемисин, 2000; Андреев, 2001², 2016¹] оруденение зон «березитов» рассматривалось в качестве подчиненного по отношению к «объемным» золото-сульфидно-магнетитовому и золото-сульфидному типам, что было подтверждено результатами разведки месторождений Новогоднее-Монто и Петропавловское, где доля золота данного типа оруденения составляет не более 20 % от общих запасов.

Наиболее золотоносные зоны «березитов» имеют субмеридиональные направления; к субширотным тектоническим нарушениям приурочены безрудные или слабозолотоносные «березиты». В строении этих метасоматитов выделяются: внутренняя часть кварц-серицитового состава, промежуточная — кварцево-слюдисто-кальцитовая и внешняя — существенно хлоритовая. В осевых частях зон березитов иногда присутствуют жилы и линзы метасоматического кварца, линзы существенно серицитовых метасоматитов.

Главные рудные минералы — пирит и галенит; второстепенные — сфалерит, гематит, арсенопирит, халькопирит; общее количество сульфидов не превышает 5–10 %. Самородное золото крайне тонкое, низкопробное с существенной примесью Ag. Наиболее обогащены золотоносным пиритом метасоматиты кварц-серицитового состава внутренних частей зон. Этот тип оруденения сопоставляется автором с собственно золото-сульфидно-кварцевой субформацией одноименной рудной формации, он характерен для обоих изученных месторождений.

В осевых линзовидных жилах метасоматического кварца «березитов» выявлена еще одна редко встречающаяся рудная ассоциация. Золото здесь ассоциирует с кварцем и теллуридами — алтаитом, петцитом, гесситом [Андреев, 2006; Двуреченская, 2007] и, в отличие от золота «березитов», характеризуется более высокой пробностью — 830–860 ‰.

Таким образом, доказано, что слагающая рудное поле ВПА и сопряженный с ней комплекс рудно-метасоматических образований составляют единую локальную РМС, продуктом которой является золотое оруденение трех структурно-вещественных типов, отличающихся геологической позицией, приуроченностью к метасоматическим изменениям разного состава, рудными минеральными ассоциациями, характеристиками золота.

Третье защищаемое положение доказывается в главах 3 и 4.

Третье защищаемое положение диссертации: *«Промышленную значимость месторождения Новогоднее-Монто определило сочетание скарновых «залелей» с золото-сульфидно-магнетитовым оруденением и крутопадающих зон березитоподобных метасоматитов с золото-сульфидно-кварцевым оруденением в надынтрузивной зоне штоков диорит-кварцдиорит-тоналитового состава рудоносного интрузивного комплекса. На ранней стадии рудообразования сформировалось оруденение золото-сульфидно-магнетитового и золото-сульфидного типов, а на поздней стадии — золото-сульфидно-кварцевого типа. Для каждого из типов определены минералого-геохимические особенности и физико-химические условия образования на основе результатов комплекса изотопных и минералого-геохимических исследований».*

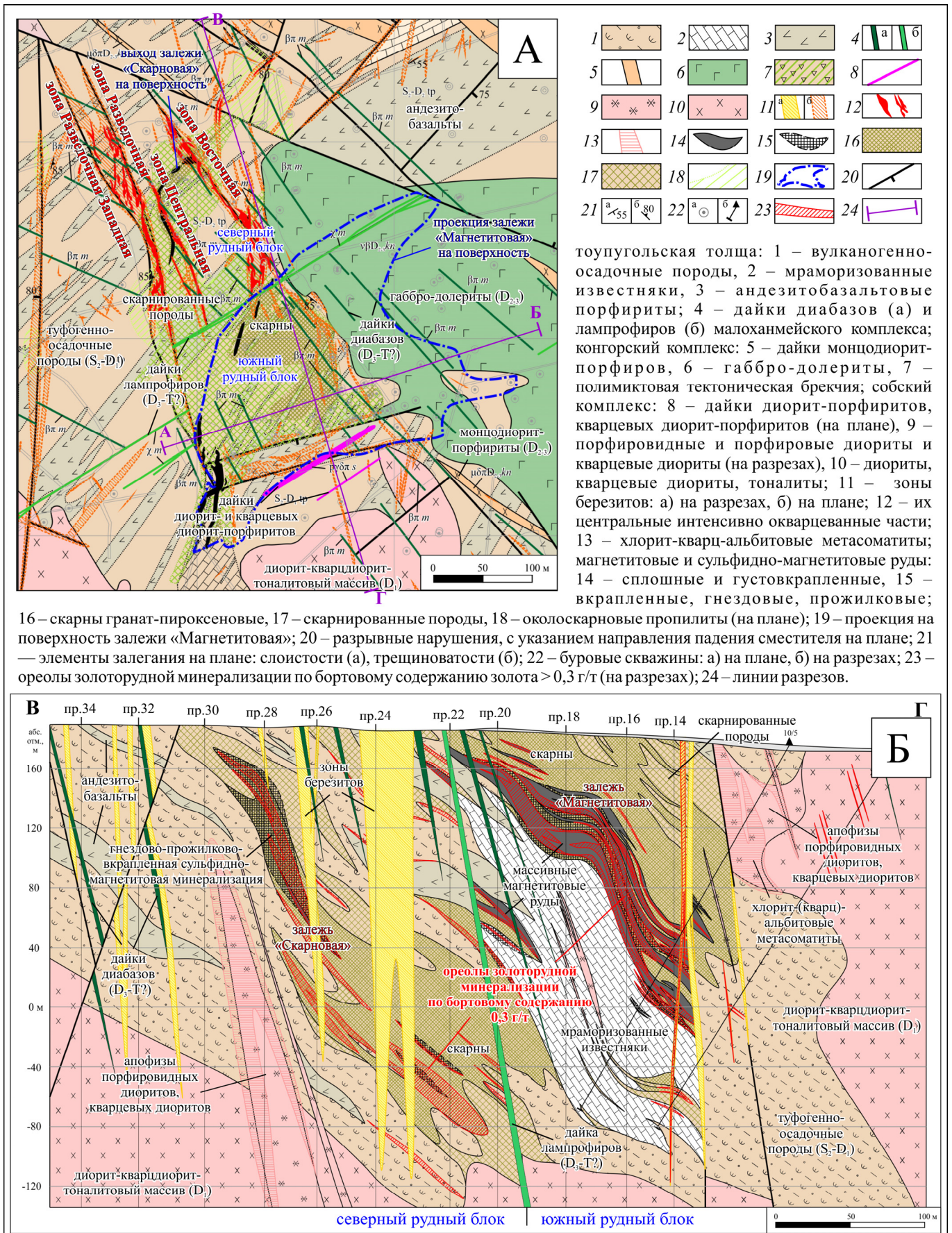
Месторождение золота Новогоднее-Монто (Рис. 3А) является наиболее изученным объектом Новогодненского рудного поля и рудного узла. Балансовые запасы золота кат. С₁+С₂ составляют 7 216 кг со средними содержаниями от 1,4 г/т до 1,8 г/т (в зависимости от категории запасов) [Peter Hambro Mining ..., 2008]. Кроме того, вне контура запасов, на месторождении оценены прогнозные ресурсы золота кат. Р₁ – 6 252 кг.

В геолого-структурном плане месторождение локализовано в экзоконтактовой и надынтрузивной областях штока умеренно кислых гранитоидов (диориты, кварцевые диориты, тоналиты) рудоносного собского комплекса, что наглядно отражается на продольном разрезе (Рис. 3Б). Границы и внутренняя структура месторождения определяются его положением в узле пересечения разнонаправленных разрывных нарушений, разбивающих на серию блоков и осложняющих приразломной флексуобразной складчатостью вулканогенно-осадочную толщу, включающую линзы и крупную рифогенную постройку мраморизованных известняков, горизонты карбонатсодержащих пород. Основное значение для поступления магматических расплавов и сопровождающих их рудоносных растворов имеют разломы северо-северо-западного и северо-восточного направлений, а также системы субсогласных слоистости зон трещиноватости и расщеливания (для формирования скарнов и сопутствующего им оруденения). Значительную долю в строении площади месторождения занимают пострудные интрузивные тела, положение которых часто наследует системы рудоподводящих и рудолокализирующих разрывных нарушений.

Промышленная значимость месторождения определяется пространственным сочетанием скарновых «залелей» с золото-сульфидно-магнетитовым оруденением (80 % запасов) и крутопадающих зон березитоподобных метасоматитов («березитов») с золото-сульфидно-кварцевым оруденением (20 % запасов).

Главные золоторудные тела локализованы в скарнах и приуроченных к ним магнетитовых залежах. Скарны распространены в полосе шириной около 300 м, прослеженной в север-северо-восточном направлении на 400 м (см. Рис. 3). Оруденение **золото-сульфидно-магнетитового типа** развито на двух сближенных стратиграфических уровнях.

В кровле рифовой постройки локализована самая богатая залежь «Магнетитовая» (см. Рис. 2А, 3Б). Она тяготеет к контакту скарнов с нижележащими известняками и представляет собой сложно построенное тело сплошных и струевидных магнетитовых руд, нередко брекчированных и сульфидизированных (от 3 до 30–40 %). В плане ширина залежи достигает 350 м; протяженность с юга на север — 250–280 м. Западное крыло залежи подчинено области выклинивания известняков, в том числе крутому уступу высотой около 150 м в палеорельефе рифовой постройки (Рис. 2А), возможно обусловленному флексуобразной приразломной складчатостью.



Восточное крыло погружается согласно общему напластованию пород рудовмещающей толщи и частично «срезано» телом пострудных габбро-долеритов. Наибольших мощностей (50–60 м) залежь достигает в области уступа известняков. Высокие концентрации золота (от 1 до 7 г/т) на крыльях залежи приурочены к нижней части магнетитовых руд, а в области уступа богатые руды занимают практически всю её мощность. При выклинивании магнетитовых руд происходит уменьшение мощности обогащенных золотом участков и снижаются его содержания.

В лежащем боку рифовой постройки известняков локализована залежь «Скарновая», приуроченная к неоднородной пачке мощностью от 20–40 до 120 м скарнированных (до известковых скарнов) вулканогенно-осадочных пород, подстилающей известняки и выходящей к северу по восстанию за их пределы на расстояние более 200 м. Для залежи «Скарновая» характерны пластообразные протяженные зоны гнездово-прожилково-вкрапленных сульфидных и сульфидно-магнетитовых руд, сплошные магнетитовые линзы отмечаются редко. Примером интенсивности золоторудного процесса в пределах данной залежи может служить пересечение с содержанием золота 2,15 г/т на мощность 31,3 м.

Признаки *золото-сульфидного типа* оруденения в хлорит-(кварц)-альбитовых метасоматитах (широко распространенного на месторождении Петропавловское) установлено на месторождении Новогоднее-Монто в связи с телами и дайками диорит-порфириров в разных частях (см. Рис. 3Б). Однако, золотоносность этих образований (по имеющимся данным опробования) не высокая, и промышленные рудные тела отсутствуют.

Оруденение *золото-сульфидно-кварцевого типа* в «березитах» на месторождении локализовано в полосе шириной до 300 м, которая протягивается на 1 км в ССЗ направлении (см. Рис. 3А). Полоса включает серию линейных зон, приуроченных к разломам субмеридионального, ССЗ и СЗ направлений. Мощность зон «березитов» варьирует от 1 до 10 м (в раздувах), протяженность по простиранию — от 100 до 400 м, при этом промышленные рудные тела в них достигают протяженности 50–150 м при мощности 1,3–2,0 м. Содержания золота варьируют от долей г/т до более 100 г/т, составляя в среднем 2,5–3,7 г/т. Субмеридиональные зоны пересекаются и ограничиваются безрудными или слабозолотоносными субширотными.

На примере зон «Разведочная» и «Разведочная Западная» автором установлены основные особенности морфологии зон «березитов» [Волчков, 2001ф]. Эти две сближенные параллельные зоны (Рис. 2В) представлены сложно построенной, ветвящейся линейной системой крутопадающих милонитовых швов (сместителей), линз катаклаза, дробления и будинажа. Зоны оперяют милонитовые швы (сколовые трещины), отходящие от стволочной зоны под углами 10–20°. На поверхности зоны маркируются дресвяно-песчанисто-глинистым материалом (линейной корой выветривания [Риндзюнская, 2005]) пестрой окраски — от охристо-желтой, оранжевой и темно-коричневой до серовато-зеленой. Среди дезинтегрированной массы присутствуют обломки метасоматического кварца и «березитов» с пиритом и халькопиритом. Наиболее золотоносные части зон фиксируются глинисто-песчанистым материалом желтоватой и охристо-оранжевой окраски. К осевым частям зон иногда приурочены линзовидные и жильно-прожилковые тела метасоматического кварца мощностью до 0,1–0,2 м и максимальной протяженностью 20 м. В целом, трещинная система «березитов» сформирована в условиях поля напряжений правостороннего взбросо-сдвигового смещения по нарушению СЗ направления. При этом возник сложный комплекс рудораспределяющих и рудовмещающих систем трещин скола и отрыва. Как видно на Рис. 2В, наиболее благоприятными для концентрации золота являются участки изменения простирания, ветвления, пересечения трещин.

Установленные автором взаимоотношения между зонами березитов и скарнами резкие (тектонические). По минералогическим данным не зафиксировано признаков смешения минеральных ассоциаций золото-сульфидно-магнетитового и золото-сульфидно-кварцевого типов оруденения при наложении «березитов» на скарны, однако в области их сопряжения влияние «березитов» отражается в виде окварцевания и серицитизации скарнов, а с удалением от зон «березитов» в скарнах иногда проявлена наложенная эпидотизация, хлоритизация, кальцитизация.

Полученные автором результаты минералого-геохимических исследований метасоматитов и рудной минерализации [Андреев, 2006, 2008, 2016 и др., Двуреченская, 2007; Устинов, 2007] свидетельствуют о том, что типы золотого оруденения, установленные в пределах месторождения Новогоднее-Монто и рудного поля, образовались в две стадии.

Ранняя продуктивная стадия рудообразования (щелочная) протекала при высоких температурах начиная с 600–550 °С, что в условиях гипабиссальных глубин благоприятствовало образованию инфильтрационных известковых скарнов на контакте рифовой постройки известняков и вулканогенно-осадочных пород. Основное количество магнетита отлагалось в температурном интервале 500–450 °С [Скарновые..., 1985]. На фоне снижения температуры до 380 °С при участии концентрированных (20 % NaCl экв.) хлоридных растворов образованы окооскарновые и апоскарновые пропилиты, характеризующиеся отчетливым щелочным характером метасоматоза (содержание Na₂O до 10 %). На этой же стадии в интервале температур 350–450 °С образовано сопутствующее оруденение скарнов, представленное золото-сульфидно-магнетитовым типом. Изотопный состав серы продуктивных сульфидов составляет $\delta^{34}\text{S} = +0,5 - +2,5 \text{ ‰}$, что указывает на мантийный источник серы и тесно сопряженного с ней рудного вещества.

Также, экспериментально по магнетитам месторождения Новогоднее-Монто и ряда рудопроявлений Малоуральского ВПП, автором установлено различие изотопного состава кислорода золотоносных магнетитовых залежей — $\delta^{18}\text{O} = -1,4 - -3,7 \text{ ‰}$ (массивный магнетит), $\delta^{18}\text{O} = +1,4 - +8 \text{ ‰}$ (прожилково-вкрапленный магнетит) и непродуктивных залежей — отличается резко пониженными значениями $\delta^{18}\text{O} (-6 - -10 \text{ ‰})$ [Устинов, 2007].

Метасоматиты хлорит-альбитового состава, вмещающие золото-сульфидные штокверковые руды месторождения Петропавловское, имеют прямую связь с золотоносными скарнами месторождения Новогоднее-Монто, на что указывает целая серия полученных автором данных. Эти типы руд близки по температуре формирования — 350–400 °С; близок хлоридный состав формирующих их гидротермальных растворов; близки изотопные характеристики серы золотоносных сульфидов — $\delta^{34}\text{S} 0 - +2,5 \text{ ‰}$ и характер распределения элементов-примесей — устойчивая ассоциация As, Co, Cu; достаточно высокая пробность золота. Тем самым, руды золото-сульфидно-магнетитового и золото-сульфидного типов, по мнению автора, являются продуктами единой ранней продуктивной стадии.

На поздней продуктивной стадии (кислотной) сформировались кварц-хлорит-кальцит-серицитовые метасоматиты («березиты») при температурах в интервале от 270 °С (кварц) до 210±10 °С (кальцит) при давлении около 300 бар, что соответствует глубинам порядка 1 км. Рудообразующие растворы характеризовались высокой концентрацией хлоридов щелочей (10–20 %) при Na/K = 1–10 и $\mu\text{K} = 0,5$. Сопряженное с «березитами» золото-сульфидно-кварцевое оруденение образовалось при температуре около 250 °С при lg $f\text{O}_2$ от -38 до -35. Золотоносные сульфиды, в отличие от ранней стадии, обеднены тяжелым изотопом серы $\delta^{34}\text{S} = 0 - -2 \text{ ‰}$, что может быть связано с эволюцией глубинного источника этого элемента и воздействием экзогенной среды [Гриненко, 1974]. Последнее подтверждается высоким содержанием метана во флюидных включениях ($\text{CO}_2/\text{CH}_4 < 10$)

при повышенном содержании тяжелого изотопа углерода в углекислоте ($\delta^{13}\text{C} = -3 \text{ ‰}$), а водная фаза растворов характеризуется интервалом $\delta^{18}\text{O}$ от 0 до $+6 \text{ ‰}$, который отвечает водам эндогенно-экзогенного происхождения. Одной из особенностей рудоносных растворов кислотной стадии является низкая концентрация углекислоты (около $0,15 \text{ моль/кг H}_2\text{O}$), с чем связано развитие в «березитах» кальцита при практически полном отсутствии железистых карбонатов, характерных для многих золоторудных месторождений Урала.

Завершает данную стадию образование ассоциации самородного золота с теллуридами, присутствующей исключительно в жилах метасоматического кварца. Отложение минералов этой ассоциации происходило при весьма низкой температуре (около 130 °C), а ассоциирующий с золотом пирит характеризуется аномально отрицательными значениями $\delta^{34}\text{S} = -2,5 - -4,5 \text{ ‰}$. В других районах Урала, руды такого типа характерны в гораздо больших масштабах для областей активизации и наложенных ВПП.

Установленная стадийность позволяет сделать вывод о том, что формирование золотого оруденения месторождения Новогоднее-Монто и рудного поля определяется развитием гидротермально-метасоматического процесса скарново-пропилит-березитового типа, генетически связанного с эволюционным развитием РМС. Источником серы и рудного вещества для всех типов оруденения служил глубинный магматический очаг, на что указывают узкие диапазоны вариаций изотопного состава серы сульфидов при близости значений $\delta^{34}\text{S}$ к метеоритному стандарту. Закономерное снижение $\delta^{34}\text{S}$ по мере развития рудного процесса является характерной чертой скарново-магнетитовых месторождений Урала [Баранов, 1985], а величину $\delta^{34}\text{S}$ можно рассматривать как индикатор температурных условий формирования золотого оруденения разных стадий.

Пострудные тектоно-магматические процессы оказывали влияние на сформированные руды. В том числе, установлено, что в габбро-долеритах и монцодиорит-порфиритах присутствуют признаки ассимиляции руд (обогащение тяжелым изотопом серы пирита $\delta^{34}\text{S} +3,8 \text{ ‰}$); установлены признаки метаморфизма золото-скарновых руд дайками диабазов, что проявляется в «рафинировании» и укрупнении самородного золота, развитии высокотемпературной (около 600 °C) модификации пирротина.

Таким образом, изучение месторождения Новогоднее-Монто, позволило автору установить комплекс геологических, морфологических, минералого-геохимических и других особенностей, слагающих его типов золотого оруденения, определить стадийность и эволюцию физико-химических условий рудообразования. Совмещение в пределах месторождения оруденения ранней стадии рудообразования (золото-сульфидно-магнетитового типа) и поздней (золото-сульфидно-кварцевого типа) является результатом закономерного развития РМС.

На объектах рудного узла, установлены также иные сочетания типов оруденения разных стадий: пространственное совмещение (телескопирование) золото-сульфидного «петропавловского» и зон золото-сульфидно-кварцевого типов на месторождении Петропавловское; пространственная близость «новогодненского» и «петропавловского» типов оруденения на участке Аномальный Ханмейшорского потенциального рудного поля. Сочетание нескольких типов оруденения в пределах одного объекта, несомненно, повышают его продуктивность, при этом, ведущая роль принадлежит типам ранней стадии.

Четвертое защищаемое положение доказывается в главе 4.

Четвертое защищаемое положение диссертации: «Разработана прогностно-поисковая модель разноранговых золоторудных объектов (рудный узел – рудное поле – место-

рождение), включающая рудоконтролирующие и рудолокализирующие критерии и признаки: магматические, литологические, структурные, минералогические, морфологические, геохимические и геофизические. Созданная модель позволила выделить ряд перспективных площадей в пределах Тоупугол-Ханмейшорского рудного узла и других районов Полярного Урала и разработать рекомендации по направлениям дальнейших геологоразведочных работ. На рекомендованных площадях проведены поисковые работы, в результате которых выявлен ряд рудопроявлений и оценены прогнозные ресурсы золота категории P_2 ».

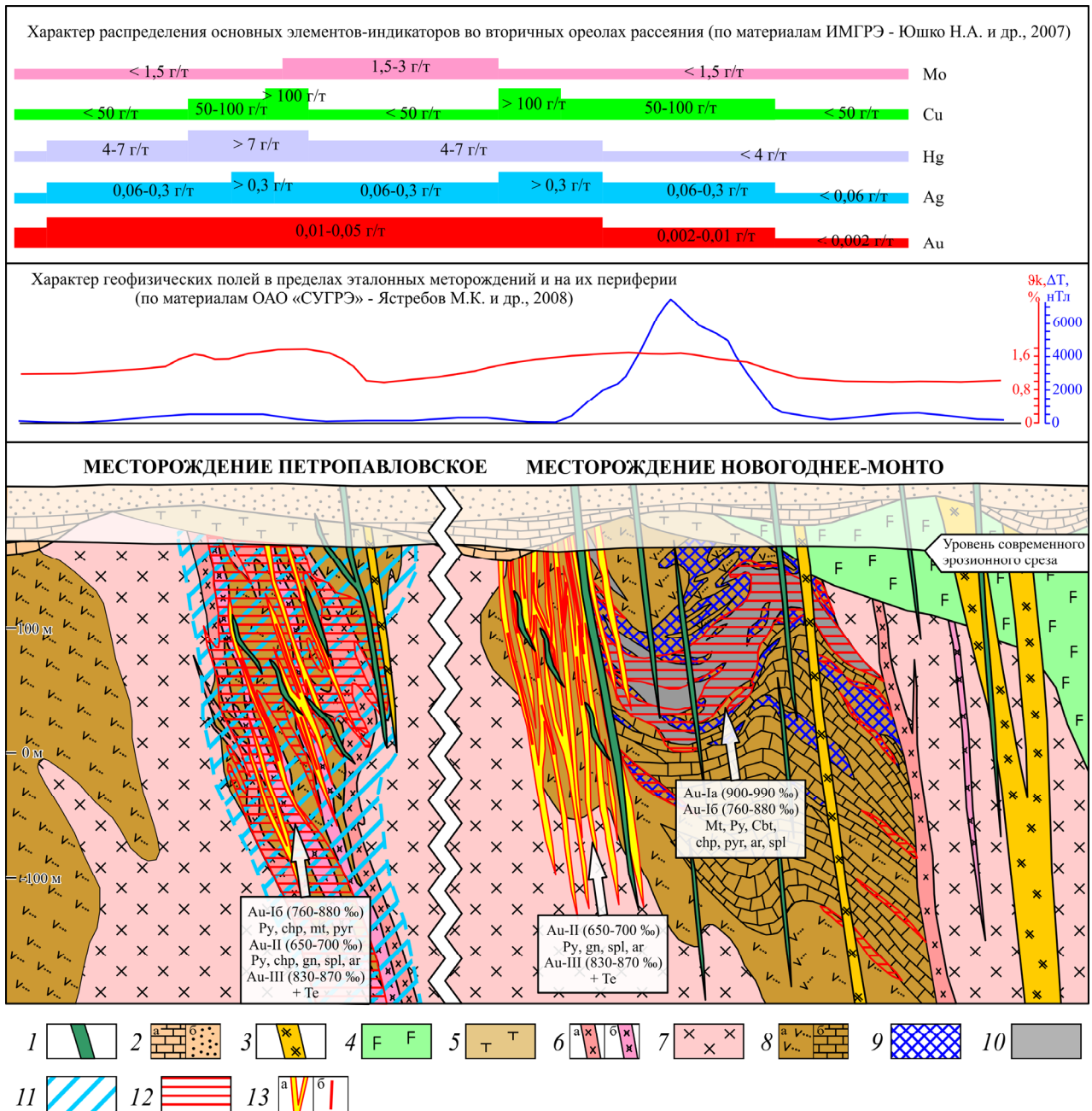
В качестве основных элементов комплексной прогнозно-поисковой модели для разноранговых (узел — поле — месторождение) золоторудных объектов, в соответствии с методическими требованиями [Оценка... Золото, 2002], автором определены перечисленные ниже поисковые критерии и признаки [Андреев, 2021], сгруппированные в виде сводной таблицы-модели, представленной в диссертации. В графическом виде основные элементы этой модели для рудного узла наглядно отражаются на картах соответствующего масштаба, а для рудного поля и золоторудных объектов — на составленном автором сводном схематическом разрезе с геохимической и геофизической нагрузкой (Рис. 4).

Группа **формационных** критериев и признаков наиболее важна при выделении перспективных площадей ранга рудного узла. Рудообразование тесно связано с интрузивными массивами габбро-кварцдиорит-тоналитовой формации собского комплекса (D_{1-2}), образующей продуктивную ВПА с базальт-андезитобазальтовой вулканогенно-терригенно-карбонатной формации (S_2-D_1), породы которой являются и основными рудовмещающими образованиями.

Магматические и литолого-фациальные. Формирование золотого оруденения связано с этапом становления гипабиссальных фаз рудоносного интрузивного комплекса — в пределах перспективных площадей разного ранга и на рудных объектах присутствуют штоки и пояса даек порфировидных и порфировых диоритов и кварцевых диоритов. Проникновению рудоносных гидротерм способствуют интенсивно тектонически дислоцированные участки пород в обрамлении интрузивных штоков. Для формирования скарнов с золото-сульфидно-магнетитовым оруденением обязательно наличие в ореоле высокотемпературного воздействия интрузий карбонатных или карбонатсодержащих пород.

Структурные. В масштабе рудного узла — «провес кровли» краевой части крупного интрузивного массива. В масштабе рудного поля — системы разнонаправленных тектонических нарушений, контролирующие внедрение апофиз этого массива (штококообразной и сложной формы). Золоторудные объекты локализуются в интенсивно тектонически дислоцированных экзоконтактных и надынтрузивных частях штоков, осложненных выступами, поясами разновозрастных даек «пестрого» состава, флексурообразными складками, зонами трещиноватости и расланцевания.

Метасоматические. Золотое оруденение сопровождается полями продуктивных гидротермальных изменений различной интенсивности: известковыми скарнами с магнетитовыми залежами, хлорит-альбитовыми метасоматитами, зонами березитоподобных метасоматитов («березитов») с кварцевыми прожилками и жилами. Широкое распространение «березитов» или аргиллизитов может указывать на слабую эродированность площади и существенные перспективы выявления богатых руд на глубине. Периферию слабают ореолы пропилитизированных безрудных или слабоминерализованных пород.



1 — дайки основного состава малоханмейского комплекса (D₃-T[?]mh); 2 — тоупуголегартская толща (D₂₋₃tg): а) вулканомиктовые породы, б) известняки; конгорский комплекс (D₂₋₃kn): 3 — монцодиориты и их порфировые разности, 4 — габбро-долериты; 5 — кевсоимская толща (D₂kv): лавы и туфы трахибазальтов, трахиандезитов, трахидацитов (эродирована в пределах узла); собский комплекс (D₁s): 6 — а) диорит-порфириды, кварцевые диорит-порфириды, б) тоналит-порфиры, плагиогранит-порфиры, 7 — диориты, кварцевые диориты, тоналиты; 8 — тоупугольская толща (S₂-D₁tr): а) лавы и туфы базальтов, андезитобазальтов, вулканогенно-осадочные породы, б) известняки; 9 — скарны; 10 — магнетитовые тела; 11 — хлорит-альбитовые метасоматиты; 12 — минерализованные зоны золото-скарнового и золото-порфирового типов, оконтуренные по бортовому содержанию Au 0,3 г/т; 13 — а) зоны березитов с оруденением золото-сульфидно-кварцевого типа, б) осевые золотоносные малосульфидные кварцевые жилы.

Рис. 4 Сводный разрез через месторождения Новогоднее-Монто и Петропавловское, отражающий элементы прогнозно-поисковой модели [Андреев, 2021]

Рудно-минералогические. Три структурно-вещественных типа золотого оруденения, сформированных на двух стадиях. На ранней стадии (щелочной) — золото-сульфидно-магнетитовый в скарнах и золото-сульфидный штокверковый в хлорит-альбитовых метасоматитах; на поздней стадии (кислотной) — золото-сульфидно-кварцевый жильно-прожилковый в зонах «березитов». В пределах единого месторождения характерно сочетание в различных соотношениях нескольких типов оруденения. В масштабе рудного узла или района может быть проявлена ассоциация с меднопорфировым оруденением.

Минералогические (состав руд). Для золото-сульфидно-магнетитового типа главными рудными минералами являются магнетит, пирит, кобальтин и халькопирит; второстепенными — пирротин, арсенопирит, сфалерит, марказит, гематит; самородное золото в ассоциации с кобальтином и магнетитом высокопробное (900–990 ‰), в ассоциации с халькопиритом, пиритом и жильными минералами средней пробности (760–880 ‰). Для золото-сульфидного типа — главный рудный минерал и основной носитель золота — пирит; второстепенные — магнетит, халькопирит, пирротин; золото средней пробности (830–870 ‰). Для золото-сульфидно-кварцевого типа главный рудный минерал — пирит, характерным является галенит; второстепенные — сфалерит, гематит, арсенопирит, халькопирит; самородное золото низкопробное, имеет существенную примесь Ag; золото-теллуридная ассоциация характеризуется повышением пробности золота до 830–860 ‰.

Изотопно-геохимические. Установлено закономерное снижение $\delta^{34}\text{S}$ по мере развития рудного процесса: сульфиды оруденения ранней стадии характеризуются низкوپоложительными значениями $\delta^{34}\text{S}$ (0 – +2,5 ‰), пирит поздней стадии обогащен легким изотопом серы ($\delta^{34}\text{S}$ = 0 – -2 ‰ до -2,5 до -4,5 ‰ в золото-теллуридной ассоциации). Установлено различие изотопного состава кислорода золотоносных магнетитовых залежей — $\delta^{18}\text{O}$ = -1,4 – -3,7 ‰ (массивный магнетит), $\delta^{18}\text{O}$ = +1,4 – +8 ‰ (прожилково-вкрапленный магнетит) и непродуктивных залежей — резко пониженные значения $\delta^{18}\text{O}$ (-6 – -10 ‰).

Морфологические. Золото-сульфидно-магнетитовое оруденение — линзо- и пластообразные залежи сплошных, струевидных, гнездово-вкрапленных магнетитовых и сульфидно-магнетитовых руд в скарнах и скарнированных породах (залежи сплошных руд характерны для кровли известняков, а гнездово-вкрапленных — для подошвы). Золото-сульфидное оруденение — линейно-изометричные штокверки пиритовой минерализации в хлорит-альбитовых метасоматитах экзоконтактов порфировых интрузий. Золото-сульфидно-кварцевое оруденение — крутопадающие жильно-прожилковые зонами «березитов» с осевыми малосульфидными кварцевыми жилами.

Экзогенные. Россыпная золотоносность не характерна для рассматриваемых объектов. Кора выветривания остаточная, небольшой мощности (0,5 – 10 м), состоит из пестроцветного щебнисто-песчано-глинистого материала; наибольшей глинизации подвергаются существенно серицитовые метасоматиты. Основными концентраторами золота в коре являются гидроксиды железа и глинистые минералы [Риндзюнская, 2005].

Геохимические. Рудные поля выражены комплексными вторичными ореолами рассеяния Au, Ag, Cu, As, в меньшей степени Hg. В масштабе месторождений — контрастными ореолами Au, Ag, Cu, As; а также Co — для золото-сульфидно-магнетитового типа, Hg — для золото-сульфидного, Pb — для золото-сульфидно-кварцевого; к периферии приурочены ореолы Mo. Для первичных ореолов [Трофимов, 2002, 2007] золото-сульфидно-магнетитового типа — Ag, Co, As, Cu; золото-сульфидного — Ag, W, Mo, Cu; золото-сульфидно-кварцевого — Ag, Hg, Mo.

Геофизические. Оруденение золото-сульфидно-магнетитового типа отражается контрастными магнитными аномалиями ($n \cdot 1000$ нТл), совмещенными с аномалиями поляризуемости (более 1,4 ‰). Для золото-сульфидного типа характерны слабоконтрастные магнитные аномалии (>300 нТл), совмещенные или сближенные с аномалиями поляризуемости более 1,4 ‰. Зоны золотоносных «березитов» в геофизических полях выражаются неоднозначно линейными или точечными аномалиями поляризуемости.

Разработанная автором модель послужила основой для проведения поисковых работ в пределах Новогодненского рудного поля и на его периферии (ОАО «ЯГК» при участии

автора и других специалистов ЦНИГРИ [Бординов, 2005ф]). В результате выявлены рудопроявления Караченцева, Аномальное, Тоупугольское с ведущей ролью золото-сульфидно-магнетитового оруденения, Ханмейшорское с ведущей ролью золото-сульфидного. Общая оценка прогнозных ресурсов выявленных проявлений кат. Р₂ составила 32 тонны.

Также разработанная модель применена при поисково-ревизионных работах автора в пределах южной части Малоуральского ВПП [Волчков и др., 2007ф], в результате которых были выявлены пункты минерализации золота, часть которых по рекомендациям автора заверены силами ОАО «ЯГК» [Шлома, 2010ф] и ФГУП ИМРГЭ [Терентьев, 2012ф]. При этом выявлен ряд проявлений — Южное, 1-й Колчеданный, Полярная Надежда, Геохимическое с прогнозными ресурсами кат. Р₂ около 20 тонн, с реальными предпосылками их значительного увеличения. Для оконтуренного автором Манюкуевского рудного узла (см. Рис. 1А), в пределах которого расположены данные проявления, нуждающиеся в проверке, для «Роснедра» разработано обоснование постановки дальнейших ГРР [Андреев, 2021]. Кроме того, обоснована перспективность и необходимость проведения поисковых работ в пределах Кокпельского прогнозируемого рудного узла [Андреев, 2021] (см. Рис. 1А), в пределах которого установлен целый ряд критериев и признаков, соответствующих элементам разработанной прогнозно-поисковой модели.

Таким образом, разработанная прогнозно-поисковая модель может применяться для выделения перспективных площадей, планирования ГРР и оперативной оценки выявляемого оруденения.

Учитывая, что близкий набор элементов прогнозно-поисковой модели (в том числе минеральные ассоциации и парагенезисы золота), по литературным данным характерен для многих золотосодержащих скарновых железо- и меднорудных месторождений Урала — Круглогорское Ирландского ВПП; Высокогорское Именновского ВПП, месторождения Ауэрбаховского рудного узла Краснотурьинского ВПП (Песчанское, 47 Квартал, Башмаковское, Богословское), установленные автором закономерности локализации золотого оруденения месторождения Новогоднее-Монто и Новогодненского рудного поля, могут использоваться для прогнозирования, проведения поисковых и более детальных работ на золото в пределах не только Малоуральского ВПП, но и других ВПП Урала.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В соответствии с целью исследований, направленной на актуализацию комплексной прогнозно-поисковой модели объектов золото-сульфидно-кварцевой формации, адаптированной для условий Малоуральского ВПП, были уточнены рудоконтролирующие и рудолокализирующие критерии и признаки для разноранговых (рудный узел – рудное поле – месторождение) золоторудных объектов, что позволило применить разработанную модель при выделении новых площадей для проведения ГРР и обосновать их перспективность. Результаты исследований решили поставленные задачи и доказали защищаемые положения диссертационной работы.

1. Определено, что рудный узел соответствует «провесу кровли» краевой части крупного батолитоподобного интрузивного массива собского рудоносного комплекса (D₁) в узле пересечения зон разрывных нарушений. Последовательность стратифицированных и интрузивных геологических формаций, слагающих рудный узел, и состав продуктивной ВПА характерны для базальтоидных ВПП.

Рудное поле в пределах узла контролируется ареалом распространения апофиз (штокообразной и сложной формы) диорит-кварцдиорит-тоналитового состава батолитоподобного массива, прорывающих моноклинально залегающие с падением в юго-восточных

румбах рудовмещающие вулканогенно-осадочные породы базальт-андезитобазальтового состава тоупугольской толщи (S_2-D_1), вмещающие крупные рифогенные постройки и линзы мраморизованных известняков.

Золоторудные объекты локализуются в интенсивно тектонически дислоцированных экзоконтактовых и надынтрузивных частях выступов гранитоидов, осложненных апофизами, поясами разновозрастных даек «пестрого» состава, флексурообразными складками, зонами трещиноватости и рассланцевания.

2. В процессе развития РМС рудного поля сформировалось три структурно-вещественных типа золотого оруденения, которые могут быть отнесены к субформациям единой золото-сульфидно-кварцевой рудной формации.

1) Золото-сульфидно-магнетитовый тип – тесно связан со скарнами и залежами магнетитов, контролируемые областью контактов туфогенно-осадочных и карбонатных пород. Данный тип отнесен к золото-скарновой субформации.

2) Золото-сульфидный штокверковый тип – сопряжен с хлорит-альбитовыми и альбитовыми метасоматитами, образованными в экзоконтактах штоков и даек порфиroidных и порфировых диоритов и кварцевых диоритов. Этот тип отнесен к золото-порфировой субформации.

3) Золото-сульфидно-кварцевый жильно-прожилковый тип – ассоциирует с линейными зонами кварц-хлорит-кальцит-серицитовых метасоматитов (березитов), приуроченными к тектоническим зонам дробления и трещиноватости. Данный тип сопоставляется с золото-сульфидно-кварцевой субформацией одноименной формации. В березитах выявлена также редко встречающаяся золото-теллуридная минерализация, которая, по результатам исследований, является более поздней и низкотемпературной.

В пределах единого золоторудного объекта характерно совмещение в различных соотношениях установленных типов оруденения, что может увеличивать его продуктивность.

3. На примере детально изученного месторождения Новогоднее-Монто установлен комплекс геологических, морфологических, минералогических, геохимических и других особенностей, слагающих его типов золотых руд, определена стадийность и эволюция физико-химических условий рудообразования.

Ранняя продуктивная стадия рудообразования (щелочная) благоприятствовала образованию инфильтрационных известковых скарнов, околоскарновых метасоматитов и сопутствующего оруденения, представленного золото-сульфидно-магнетитовым типом. Хлорит-альбитовые метасоматиты с золото-сульфидным штокверковым оруденением имеют прямую генетическую связь с золотоносными скарнами и образованы в рамках той же продуктивной стадии.

На поздней продуктивной (кислотной) стадии при снижении температуры и возрастании кислотности растворов сформировались березиты, вмещающие золото-сульфидно-кварцевое жильно-прожилковое оруденение. Золото-теллуридная минерализация завершает процесс рудообразования.

Полученные данные позволяют утверждать, что формирование всех установленных типов золотого оруденения определяется развитием полистадийного гидротермально-метасоматического процесса, связанного с эволюционным развитием единой РМС.

4. Разработана комплексная разноранговая прогнозно-поисковая модель, включающая в качестве элементов уточненный комплекс критериев и признаков промышленного золото-сульфидно-кварцевого оруденения. Разработанная модель позволила выполнить среднемасштабный прогноз в пределах Тоупугол-Ханмейшорского рудного узла и других

частей Малоуральского ВПП, в результате которого выявлена серия рудопроявлений золота, выделен и оконтурен ряд новых площадей, обоснована их перспективность и целесообразность постановки в их пределах поисковых работ.

Список работ, опубликованных по теме диссертации

Статьи в рецензируемых журналах, входящих в Перечень ВАК

1. **Андреев, А.В.** Геологическое строение и условия локализации рудных тел золото-скарнового месторождения Новогоднее-Монто, Полярный Урал / **А.В. Андреев** // Руды и металлы. — 2011. — № 3–4 (Специальный выпуск памяти А.И. Кривцова). — С. 10.
2. **Андреев, А.В.** Прогнозно-поисковая модель золоторудных объектов Тоупугол-Ханмейшорского рудного узла как основа для выделения перспективных площадей в пределах Малоуральского вулканоплутонического пояса Полярного Урала и обоснования постановки на них поисковых работ / **А.В. Андреев** // Руды и металлы. — 2021¹. — № 2. — С. 6–24.
3. **Андреев, А.В.** Типы руд золота и обстановки их нахождения на месторождениях Новогодненского рудного поля, Полярный Урал / **А.В. Андреев**, Р.Х. Мансуров // Руды и металлы. — 2016¹. — № 3. — С. 23–38.
4. Мансуров, Р.Х. Геолого-структурные особенности крупнообъемного прожилково-вкрапленного золотосульфидного оруденения Петропавловского месторождения (Полярный Урал) / Р.Х. Мансуров, С.С. Двуреченская, И.В. Викентьев, **А.В. Андреев** // Вестник ИГКНЦ УрО РАН. — 2017. — № 3. — С. 3–13.

Статьи в иных изданиях

4. Риндзюнская, Н.М. Литолого-минералогический состав коры выветривания золоторудного месторождения Новогоднее-Монто, Полярный Урал / Н.М. Риндзюнская, **А.В. Андреев**, Т.П. Зубова, М.М. Гирфанов, Ю.В. Щегольков, Л.А. Николаева // Руды и металлы. — 2005. — № 6. — С. 34–44.

Монографии

5. **Андреев, А.В.** Глава 5. Уральская провинция / **А.В. Андреев**, Б.Я. Вихтер, М.М. Константинов // Золоторудные месторождения России / Ред. М.М. Константинов. — М. : Акварель, 2010. — С. 61–84.

Материалы конференций и тезисы докладов

7. **Андреев, А.В.** Золоторудные месторождения Новогодненского рудного поля — эталонные объекты для обоснования направлений геолого-поисковых работ в пределах перспективных площадей Малоуральского ВПП Полярного Урала / **А.В. Андреев** // Сб. тез. докл. VIII Международной науч.- практич. конф. «Научно-методические основы прогноза, поисков, оценки месторождений алмазов, благородных и цветных металлов» / ЦНИГРИ. — М., 2018. — С. 38.
8. **Андреев, А.В.** Интрузивные комплексы Тоупугол-Новогодненского рудного поля (Полярный Урал) и соотношение с ними золотого оруденения / **А.В. Андреев**, В.Г. Сапожников // Тез. докл. на XI науч. чтениях памяти профессора И. Ф. Трусковой «Проблемы магматической и метаморфической петрологии» / МГГА. — М., 2001¹. — С. 1.
9. **Андреев, А.В.** Месторождения золота Новогодненского рудного поля (Полярный Урал), типы руд и обстановки нахождения / **А.В. Андреев** // Сб. тез. докл. Международной

науч.-практич. конф. «Научно-методические основы прогноза, поисков и оценки месторождений цветных и благородных металлов, алмазов — состояние и перспективы» / ЦНИГРИ. — М., 2016². — С. 66–67.

10. **Андреев, А.В.** Новогодненское золоторудное поле (Полярный Урал) / **А.В. Андреев**, Р.Х. Мансуров // Тез. докл. науч.-практич. конф. «Актуальные проблемы геологического изучения недр и воспроизводства минерально-сырьевой базы твердых полезных ископаемых» / ВИМС. — М., 2008. — С. 20–23.

11. **Андреев, А.В.** Предпосылки выявления золото-сульфидного оруденения в терригенно-карбонатных толщах Тоупугол-Новогодненского рудного поля (Полярный Урал) / **А.В. Андреев** // Матер. 1-ой науч. конф. молодых ученых и специалистов «Минерально-сырьевая база и геоэкология» / ВИМС, ИМГРЭ, ЦНИГРИ. — М., 2002. — С. 39–42.

12. **Андреев, А.В.** Прогнозно-поисковая модель золоторудных объектов Новогодненского рудного поля, как основа для обоснования постановки поисковых работ в пределах Малоуральского ВПП Полярного Урала / **А.В. Андреев** // Сб. тез. докл. X Международной науч.-практич. конф. «Научно-методические основы прогноза, поисков, оценки месторождений алмазов, благородных и цветных металлов» / ЦНИГРИ. — М., 2021². — С. 11–13.

13. **Андреев, А.В.** Рудно-магматическая система золоторудного месторождения Новогоднее-Монто (Полярный Урал) / **А.В. Андреев** // Матер. XVII молодежной конф., посвященной памяти К.О. Кратца «Геология, полезные ископаемые и геоэкология северо-запада России» / Карельский НЦ РАН, ИГ Карельского НЦ РАН. — Петрозаводск, 2006. — Стр. 7–9.

14. **Андреев, А.В.** Типы золоторудной минерализации на рудном поле месторождения Новогоднее-Монто (Полярный Урал) / **А.В. Андреев**, А.А. Черемисин, И.Г. Перминов // Тез. докл. науч.-практич. конф. «Прикладная минералогия в решении проблем прогнозирования, поисков и оценки месторождений полезных ископаемых» / ВИМС. — М., 2001². — С. 5.

15. Гирфанов, М.М. Перспективы развития минерально-сырьевой базы золота Полярного Урала (ЯНАО) / М.М. Гирфанов, **А.В. Андреев**, Б.С. Зеликсон, Р.Х. Мансуров, В.Г. Сапожников // Сб. тез. докл. науч.-практ. конф. «Прогноз, поиски, оценка рудных и нерудных месторождений — достижения и перспективы» / ЦНИГРИ. — М., 2008. — Стр. 55–56.

16. Двуреченская, С.С. Условия формирования золото-скарнового месторождения Новогоднее-Монто по минералого-геохимическим данным / С.С. Двуреченская, С.Г. Кряжев, **А.В. Андреев** // Матер. годичной сессии Московского отд. РМО «Роль Минералогии в познании процессов рудообразования» / ИГЕМ РАН. — М., 2007. — С. 139–143.

17. Устинов, В.И. Изотопный состав кислорода магнетита как показатель условий образования золото-скарнового оруденения / В.И. Устинов, С.Г. Кряжев, **А.В. Андреев** // Тез. докл. XVIII Симпозиум по геохимии изотопов / ГЕОХИ РАН. — М., 2007. — С. 266–267

Подписано в печать 19.07.2024 г.

Формат бумаги 60х90/16

Тираж 99 экз.

Полиграфическая база ФГБУ «ЦНИГРИ»
117545, Москва, Варшавское шоссе, д. 129, корп. 1