

Федеральное государственное бюджетное учреждение  
«ЦЕНТРАЛЬНЫЙ НАУЧНО-ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ ГЕОЛОГОРАЗВЕДОЧНЫЙ  
ИНСТИТУТ ЦВЕТНЫХ И БЛАГОРОДНЫХ МЕТАЛЛОВ» (ФГБУ «ЦНИГРИ»)

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

**Диссертация**

на соискание ученой степени кандидата геолого-минералогических наук

Научный руководитель:  
доктор геолого-минералогических наук  
Мигачёв Игорь Фёдорович

Москва–2024

## Оглавление

|                                                                                                                                                   |            |
|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------|
| <b>ВВЕДЕНИЕ .....</b>                                                                                                                             | <b>4</b>   |
| <b>ГЛАВА 1. ИСТОРИЯ ИЗУЧЕНИЯ, РЕГИОНАЛЬНАЯ ПОЗИЦИЯ И ГЕОЛОГИЧЕСКОЕ СТРОЕНИЕ ТОУПУГОЛ-ХАНМЕЙШОРСКОГО РУДНОГО УЗЛА .....</b>                        | <b>11</b>  |
| <b>1.1. История открытия и изучения золоторудных месторождений и рудопроявлений Тоупугол-Ханмейшорского рудного узла.....</b>                     | <b>11</b>  |
| <b>1.2. Региональная позиция и геологическое строение Тоупугол-Ханмейшорского рудного узла .....</b>                                              | <b>19</b>  |
| 1.2.1. Региональная позиция Тоупугол-Ханмейшорского рудного узла .....                                                                            | 19         |
| 1.2.2. Геологическое строение Тоупугол-Ханмейшорского рудного узла .....                                                                          | 23         |
| 1.2.3. Сходства и различия строения Малоуральского ВПП со строением ВПП Северного, Среднего и Южного Урала .....                                  | 40         |
| <b>ГЛАВА 2. НОВОГОДНЕНСКОЕ РУДНОЕ ПОЛЕ И ТИПЫ ЗОЛОТОГО ОРУДЕНЕНИЯ.....</b>                                                                        | <b>48</b>  |
| <b>2.1. Геологическое строение Новогодненского рудного поля и положение золоторудных объектов в его пределах.....</b>                             | <b>48</b>  |
| 2.1.1. Геологическое строение и структура Новогодненского рудного поля.....                                                                       | 48         |
| 2.1.2. Рудно-метасоматические образования Новогодненского рудного поля .....                                                                      | 53         |
| 2.1.3. Геохимические ореолы Новогодненского рудного поля.....                                                                                     | 56         |
| 2.1.4. Геофизические поля Новогодненского рудного поля .....                                                                                      | 58         |
| <b>2.2. Типы золотого оруденения Новогодненского рудного поля и обстановки их локализации .....</b>                                               | <b>63</b>  |
| 2.2.1. Оруденение золото-сульфидно-магнетитового типа .....                                                                                       | 64         |
| 2.2.2. Оруденение золото-сульфидного типа.....                                                                                                    | 68         |
| 2.2.3. Оруденение золото-сульфидно-кварцевого типа .....                                                                                          | 74         |
| 2.2.4. Второстепенные типы рудной минерализации .....                                                                                             | 80         |
| <b>ГЛАВА 3. ДЕТАЛЬНАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА ГЕОЛОГИЧЕСКОГО СТРОЕНИЯ И РУД МЕСТОРОЖДЕНИЯ НОВОГОДНЕЕ-МОНТО, КАК ЭТАЛОННОГО ЗОЛОТОРУДНОГО ОБЪЕКТА .....</b> | <b>85</b>  |
| <b>3.1. Геологическое строение месторождения Новогоднее-Монто.....</b>                                                                            | <b>87</b>  |
| <b>3.2. Типы метасоматических образований месторождения Новогоднее-Монто и их состав .....</b>                                                    | <b>106</b> |
| <b>3.3. Строение, морфология и вещественный состав рудных тел месторождения Новогоднее-Монто .....</b>                                            | <b>112</b> |
| 3.3.1. Оруденение золото-сульфидно-магнетитового скарнового типа.....                                                                             | 112        |
| 3.3.2. Оруденение золото-сульфидно-кварцевого типа в гидротермальных метасоматитах («березитах») .....                                            | 133        |



|                                                                                                                                                                                                |            |
|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------|
| 3.3.3. Оруденение золото-сульфидного «петропавловского» типа на месторождении Новогоднее-Монто .....                                                                                           | 151        |
| 3.3.4. Состав минеральных ассоциаций месторождения Новогоднее-Монто и последовательность их формирования.....                                                                                  | 152        |
| <b>3.4. Изотопно-геохимические и физико-химические параметры рудообразования месторождения Новогоднее-Монто .....</b>                                                                          | <b>154</b> |
| <b>3.5. Характеристика коры выветривания месторождения Новогоднее-Монто и ее золотоносности .....</b>                                                                                          | <b>165</b> |
| <b>3.6. Геохимические и геофизические особенности месторождения Новогоднее-Монто.....</b>                                                                                                      | <b>174</b> |
| 3.6.1. Вторичные геохимические ореолы месторождения Новогоднее-Монто .....                                                                                                                     | 174        |
| 3.6.2. Первичные геохимические ореолы месторождения Новогоднее-Монто .....                                                                                                                     | 179        |
| 3.6.3. Характер геофизических полей месторождения Новогоднее-Монто .....                                                                                                                       | 196        |
| <b>ГЛАВА 4. ГЕОЛОГО-ГЕНЕТИЧЕСКИЕ АСПЕКТЫ ФОРМИРОВАНИЯ РУД НОВОГОДНЕНСКОГО РУДНОГО ПОЛЯ, ПРОГНОЗНО-ПОИСКОВАЯ МОДЕЛЬ И ЕЕ ПРАКТИЧЕСКОЕ ПРИМЕНЕНИЕ .....</b>                                      | <b>201</b> |
| <b>4.1. Геолого-генетические аспекты образования руд Новогодненского рудного поля и месторождения Новогоднее-Монто .....</b>                                                                   | <b>201</b> |
| 4.1.1. Геолого-генетическая модель формирования руд Новогодненского рудного поля и месторождения Новогоднее-Монто.....                                                                         | 201        |
| 4.1.2. Альтернативные точки зрения на генезис и время формирования золоторудных образований Новогодненского рудного поля.....                                                                  | 213        |
| <b>4.2. Разноранговая (рудный узел – рудное поле – месторождение) прогнозно-поисковая модель объектов Малоуральского ВПП.....</b>                                                              | <b>221</b> |
| <b>4.3. Результаты практического использования разработанной прогнозно-поисковой модели для оценки перспектив Тоупугол-Ханмейшорского рудного узла и других частей Малоуральского ВПП.....</b> | <b>237</b> |
| 4.3.1. Использование разработанной модели для оценки перспективных участков Тоупугол-Ханмейшорского рудного узла .....                                                                         | 237        |
| 4.3.2. Применение разработанной прогнозно-поисковой модели для оценки перспективности южной части Малоуральского ВПП.....                                                                      | 248        |
| <b>ЗАКЛЮЧЕНИЕ.....</b>                                                                                                                                                                         | <b>258</b> |
| <b>Список Литературы .....</b>                                                                                                                                                                 | <b>260</b> |

## 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 «ПУГТП», ОАО «Ямальская горная компания» (ОАО «ЯГК»), АО «Ямалзолото», ФГУП ЦНИГРИ, Бронницкая ГГЭ, ООО «НПП Гео-сфера», 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 изучение 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, отобранном автором, в лабораториях и подразделениях ЦНИГРИ проведен большой комплекс аналитических исследований, результаты которых использованы в диссертации: анализ состава протолочных проб руд — 4 пробы; рентгеноспектральный 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, сколковых 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 батолитоидного 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 надинтрузивной 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.

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 Р<sub>2</sub>.

**Научная новизна.** 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.

2. На основе геологических, минералогических, изотопно-геохимических данных подтверждена обоснованность выделения трех структурно-вещественные типов оруденения: золото-сульфидно-магнетитового в скарнах, золото-сульфидного в эндоконтактах даек диорит-порфиров 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, 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 различных типов оруденения 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 золото-рудных 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 автором 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 полиарктической части ЯНАО, а также других районов Урала. Разработанная актуализированная комплексная разноранговая прогнозно-поисковая модель, для которой автором определен широкий комплекс структурных, магматических, литологических, минералогических, геохимических и геофизических критериев и признаков (многие определены 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 автором 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 вулканоплутонической 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. При этом были опоискованы 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 Манюкюского и Кокпельского потенциальных рудных узлов в южной части Малоуральского ВПП.

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

Результаты исследований вошли в виде отдельных разделов и их частей в 10 отчетов 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 «Пообъектный 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 рецензируемых журналах, входящих в перечень ВАК. Материалы автора также вошли в монографию «Золоторудные месторождения России» под редакцией М.М. Константинова (2010 г.).

**Структура и объем работы.** Диссертация общим объемом 279 страниц состоит из введения, четырех глав и заключения, содержит 92 рисунка и 25 таблиц, список литературы включает 207 наименований.

В первой главе «История изучения, региональная позиция и геологическое строение Топугол-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, прогноз-поисковая модель и ее практическое применение» рассмотрены генетические аспекты формирования руд, охарактеризован комплекс прогноз-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. Мигачеву, 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 «ПУГПП», 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. Мининой, В.Е. Васюковым, В.В. Столяренко и другими специалистами ЦНИГРИ.



## **ГЛАВА 1. ИСТОРИЯ ИЗУЧЕНИЯ, РЕГИОНАЛЬНАЯ ПОЗИЦИЯ И ГЕОЛОГИЧЕСКОЕ СТРОЕНИЕ ТОУПУГОЛ-ХАНМЕЙШОРСКОГО РУДНОГО УЗЛА**

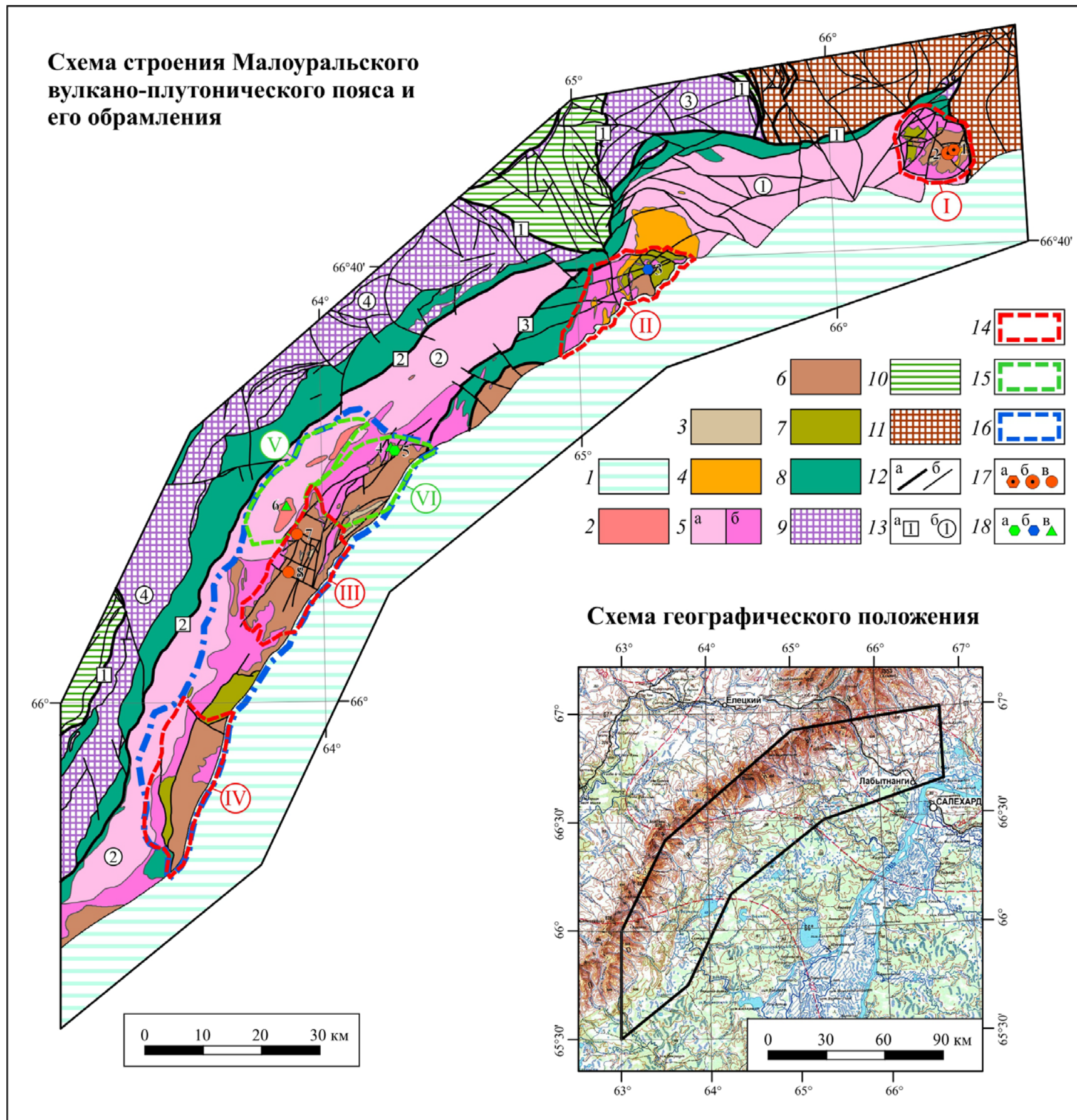
Новогодненское рудное поле с золоторудными месторождениями Новогоднее-Монто и Петропавловское и серией рудопроявлений расположено на территории Ямало-Ненецкого автономного округа (ЯНАО) Российской Федерации в восточной части Тоупугол-Ханмейшорского рудного узла в пределах северного сектора Малоуральского (Войкарского) вулcano-плутонического пояса (ВПП) (Рисунок 1.1).

Поисковые и оценочные работы на золото в пределах Новогодненского рудного поля и рудного узла проводились в 1990-х – 2000-х гг. ОАО «ПУГТП», АО «Ямалзолото», ОАО «Ямальская горная компания» (ОАО «ЯГК»). В изучении площади рудного узла, месторождений и проявлений участвовал автор совместно с большой группой специалистов ФГУП ЦНИГРИ (г. Москва), ООО «Ямалгео» (г. Екатеринбург), ООО «НПО Геосфера» (г. Томск), ФГУП ИМГРЭ (г. Москва), УГГА (г. Екатеринбург), РУДН (г. Москва), Бронницкой ГГЭ (г. Бронницы), СУГРЭ (г. Верхняя Пышма) и многих других организаций.

### **1.1. История открытия и изучения золоторудных месторождений и рудопроявлений Тоупугол-Ханмейшорского рудного узла**

История геологического изучения площади Тоупугол-Ханмейшорского рудного узла и открытия в его пределах золоторудных месторождений и рудопроявлений насчитывает многие десятилетия. В 2002 году в Уральском геологическом журнале коллективом авторов [Кузнецов, 2002] была опубликована статья, в которой рассматривается длительный путь изучения территории, позволивший в итоге открыть и оценить два золоторудных месторождения Новогоднее-Монто и Петропавловское, а также выявить ряд других рудопроявлений золота.

Согласно имеющейся у автора информации и упомянутой публикации, в качестве отправной точки в изучении рудоносности территории Тоупугол-Ханмейшорского рудного узла можно рассматривать открытие магнитометрической партией КГРЭ (А.А. Латыпов и др.) в 1959 – 60 годах в процессе заверки аэромагнитных аномалий скарных магнетитовых тел месторождения Новогоднее (позднее названного Новогоднее-Монто).



1 — комплексы Зауральской СФЗ: осадочный мезозойский чехол Западно-Сибирской плиты; интрузивные и стратифицированные комплексы Войкарской СФЗ: Малоуральской СФЗ: 2 — гранодиорит-гранитовый  $D_3$  (янаслорский комплекс); 3 — терригенно-карбонатные  $D_{2-3}$ ; 4 — монцогаббро-монцодиоритовый  $D_{2-3}$  (конгорский комплекс); продуктивной ВПА Малоуральского ВПП: 5 — а) габбро-кварцдиорит-тоналитовый  $D_1$  (собский комплекс), б) то же — потенциально рудоносные и рудовмещающие краевые части интрузивов, 6 — базальт-андезитобазальтовые (рудовмещающие) и трахибазальт-трахидацитовые (перекрывающие) вулканогенно-осадочные  $S_2-D_2$  с рифогенными известняками в разрезе; 7 — базальтоидные и флишоидные  $O_2-S_1$  основания ВПП; Райзско-Войкарской СФЗ: 8 — габбро-гипербазитовый  $O_{2-3}$  (кэршорский комплекс), 9 — гипербазитовый  $O_{1-2}$  (райзско-войкарский комплекс); 10 — разновозрастные (RF-C) сланцевые и вулканогенно-осадочные комплексы Зилаиро-Лемвинской СФЗ; 11 — метаморфические комплексы (PR-RF) Харбейско-Марункеуской СФЗ; 12 — разрывные нарушения: а) главные, б) второстепенные; 13 — цифрами обозначены: а) главные разрывные нарушения: 1 — Главный Уральский Глубинный Разлом (ГУГР) — отделяет Войкарскую СФЗ от примыкающих СФЗ, 2 — Хулгинско-Пятиреченский и 3 — Оникшорский — разделяют Райзско-Войкарскую и Малоуральскую СФЗ Войкарской СФЗ; б) крупные интрузивные массивы: 1 — Собский и 2 — Лагортинско-Кокпельский в составе Собского батолита; 3 — Райзский и 4 — Войкаро-Сыньинский гипербазитовые; 14 — контуры золоторудных узлов (РУ) и наиболее перспективных потенциальных золоторудных узлов (ПРУ): I — Тоупугол-Ханмейшорский, II — Верхнехараматолоуский, III — Манюкуйский, IV — Кокпельский; 15 — контуры меднопорфировых рудных узлов: V — Янаслорский, VI — Элькашорский; 16 — контур Таныюско-Лагортинского золото-меднорудного района; 17 — золоторудные месторождения: а) с ведущей ролью золото-скарнового оруденения, б) с ведущей ролью золотопорфирового и золото-сульфидно-кварцевого оруденения, в) рудопроявления золота; 18 — значимые рудопроявления золотосодержащих типов: а) железо-медно-скарнового, в) железо-скарнового, г) молибден-медно-порфирового и медно-молибден-порфирового; цифрами отмечены месторождения и рудопроявления: 1 — Новогоднее-Монто, 2 — Петропавловское, 3 — 1-я Рудная Горка, 4 — Осеннее, 5 — 3-я Рудная Горка, 6 — Янаслоское, 7 — уч. 1-й Колчеданный, 8 — Полярная Надежда

Рисунок 1.1 — Схема строения Малоуральского вулканоплутонического пояса и его обрамления (составлено автором по собственным материалам [Риндзюнская, 2005ф; Волчков, 2007ф; Андреев, 2021], ГГК-200 второго поколения (листы Q-41-XII, XVI, XVII, XXI-XXII, Q-42-VII-VIII), ООО «Ямалгео» [Степанов, 2008ф])

Новогодненской партией в 1960 – 61 годах на этом участке было пробурено четыре скважины, две из которых вскрыли массивные магнетитовые руды мощностью 25 – 32 метра со значительным количеством сульфидов (пирротин, пирит, халькопирит) [Монто, 1961ф]. Опробование магнетитовых тел показало высокие содержания железа (до 80 %), повышенные содержания кобальта (до 0,4 %) и меди (до 0,71 %). Определение содержаний золота, как и в большинстве случаев в те времена, не проводилось, либо результаты были засекречены. Небольшие непромышленные объемы выявленных железных руд не позволили далее продолжать изучение месторождения в качестве железорудного.

Поисково-съёмочными работами и тематическими исследованиями Полярного Урала в 60 – 70-х гг., в пределах Тоупугол-Ханмейшорского рудного узла было выявлено еще несколько мелких проявлений железо-скарнового типа и медной минерализации, по своему характеру близкой к меднопорфировой. В результате этих работ была издана ГТК м-ба 1:200 000 первого поколения на лист Q-42-VII [Цымбалюк, 1976ф]. На тот период уже было проведено тектоническое и металлогеническое районирование Полярного Урала близкое современному, выделена Войкарская структурно-формационная (металлогеническая) зона (СФЗ), включающая Войкарский (Малоуральский) вулканоплутонический пояс (ВПП) в пределах «главной вулканогенной полосы» Полярного Урала, локализованный географически в пределах Малоуральского хребта восточного склона Полярного Урала. Наиболее известной работой, посвященной геологии и рудоносности Войкарской СФЗ, является монография Р.Г. Язевой и В.В. Бочкарева [Язева, 1984]. Перспективы Малоуральского ВПП связывали в упомянутой работе только с двумя типами оруденения: скарново-магнетитовым (рудопроявления Первая и Третья Рудные Горки и Новогоднее) и меднопорфировым (рудопроявления района р. Тань-Ю и Манюку-Ю). На выявление промышленного золотого оруденения в те времена территория Малоуральского ВПП не рассматривались.

Следующий этап геологического изучения площади Тоупугол-Ханмейшорского узла относится ко второй половине 80-х годов XX века. При разведке ПУГРЭ Новогодненского месторождения известняков (1984 – 93 гг.), была разбурена площадь выходов этих известняков и примыкающая к ней с юга часть железорудного Новогоднего месторождения. Как отмечают В.И. Кузнецов [Кузнецов, 2002], при документации керна разведочных скважин были выявлены интервалы прожилково-вкрапленной и гнездовой сульфидной минерализации, сопровождающиеся геохимическими ореолами меди, цинка, мышьяка, висмута, серебра, бария. В завершающую стадию разведки строительного камня [Мокрый, 1993ф] в шести керновых пробах из скважины, вскрывшей сульфидно-магнетитовые руды месторождения Новогоднее, впервые были установлены спектральным анализом содержания золота от 0,28 до 6,51 г/т. Эти данные послужили поводом для переопробования на золото 326 дубликатов керновых проб, что позволило выделить

ряд золоторудных зон с повышенными содержаниями металла. На основе полученных результатов, ПУГРЭ было продолжено доизучение участка железорудного Новогоднего месторождения в отношении промышленной золотоносности.

В 1992 – 93 гг. тематическая группа ПУГРЭ (ОАО «ПУГГП») под руководством И.Г. Перминова провела поисковые работы и оценила прогнозные ресурсы золота будущего месторождения в количестве 2,78 т ( $P_1 + P_2$ ) до глубины 50 м. По итогам этих работ был сделан вывод, что объект может представлять промышленный интерес.

Параллельно (1988 – 1994 гг.) с изучением месторождения Новогоднее, на прилегающих территориях (Собь-Ханмейская площадь) проводились работы ГДП-50 [Прямоносов, 1994ф]. В результате их была уточнена схема расчленения стратиграфических и интрузивных образований района, выявлены и опробованы зоны метасоматитов с сульфидной минерализации (рудопроявления Карьерное, Ханмейшорское, Аномальное, Соколиное, Невидимка и др.). Содержания золота в этих зонах составили от 0,15 до 18 г/т, что позволило расширить перспективную площадь и выделить Тоупугольскую (Тоупугол-Ханмейшорскую) перспективную площадь, позднее автором определенной в ранг рудного узла [Волчков, 2005ф]. Работы ГДП-50 конца 80-х – начала 90-х годов XX века так же дали основание к постановке поисковых работ на золото в пределах других площадей Полярного Урала и Малоуральского ВПП в частности.

В течение 90-х годов специалистами ОАО «ПУГГП» [Гаптулкадыров, 1999ф; Перминов, 2002ф] месторождение Новогоднее-Монто и рудопроявления Тоупугол-Ханмейшорского рудного узла изучались отдельными скважинами, проводилось изучение и опробование строительных карьеров, расположенных в пределах узла. При этом была выявлена прожилково-вкрапленная минерализация близкая к меднопорфировому типу рудопроявления Ханмейшорское и золотоносность зон березитоподобных метасоматитов на флангах скарново-магнетитовой залежи месторождения Новогоднее-Монто. В северной части месторождения Новогоднее-Монто был пройден карьер-расчистка, который вскрыл метасоматические зоны с золото-сульфидно-кварцевой и золото-кварцевой минерализацией, в кварцевых жилах было установлено видимое самородное золото. В ходе этих работ также были установлены геохимические перспективы на западной периферии месторождения Новогоднее-Монто, где в последствии было открыто месторождение Петропавловское.

С конца 90-х годов месторождение Новогоднее-Монто и в целом Тоупугол-Ханмейшорский рудный узел стали привлекать всё больше специалистов из научных и научно-производственных организаций, а в специализированных журналах стали появляться публикации, в которых приводилась информация по золотоносности Тоупугол-Ханмейшорского узла и выдвигаться предположения о генетических аспектах происхождения золота. Среди таких были исследования ИГ Коми НЦ УрО РАН [Силаев, 1998, 2003<sup>1</sup>, 2003<sup>2</sup>], РУДН [Дьяконов, 2001; Карелина, 2001,

2002<sup>1</sup>, 2002<sup>2</sup>], УГГА [Григорьев, 2003<sup>1</sup>, 2003<sup>2</sup>] и другие. Как правило, этими исследователями рассматривалось в качестве основной — «традиционная» золото-сульфидно-кварцевая и золото-кварцевая минерализация месторождения Новогоднее-Монто и сопутствующих проявлений, а золотоносности скарново-магнетитовых залежей внимание практически не уделялось, в том числе, отрицалась их промышленная перспективность [Карелина, 2002<sup>1</sup>]. В.И. Силаевым [Силаев, 1998] предлагался в том числе вариант образования золоторудной минерализации путем ремобилизации и переотложения золота из вмещающих вулканитов.

С 1998 г. в рамках работ по оценке перспектив золотоносности Полярного Урала территории ЯНАО в исследованиях золотоносности месторождения Новогоднее-Монто и Тоупугол-Ханмейшорского рудного узла приняли участие специалисты ФГУП ЦНИГРИ под руководством А.Г. Волчкова (А.А. Черемисин, М.М. Гирфанов, В.Г. Сапожников, Б.С. Зеликсон и др., с 1999 года при участии автора). В ходе этих работ была уточнена геолого-структурная позиция рудного узла в пределах «провеса кровли» крупного интрузивного массива, уточнена структура месторождения Новогоднее-Монто, проведена классификация типов золоторудной минерализации, установлено направление и морфология золото-сульфидно-кварцевых минерализованных зон, предварительная морфология и характер залегания золотоносных скарново-магнетитовых залежей, уточнены петрографические характеристики интрузивных образований, сопровождающих оруденение. Результаты исследований ЦНИГРИ были отражены в ряде отчетов по субподрядным договорам с ОАО «ПУГГП» [Волчков, 2001ф, 2002ф и др.], публикациях и докладах на ряде конференций [Черемисин, 2000; Андреев, 2001<sup>1</sup>, 2001<sup>2</sup>, 2002]. Автором и другими специалистами ЦНИГРИ делался упор именно на то, что основной объем золотых руд месторождения Новогоднее-Монто приурочен к скарново-магнетитовым залежам, а не к зонам березитоподобных (хлорит-кальцит-серицит-кварцевых) метасоматитов, как это представлялось другими исследователями, что было позднее подтверждено при разведке месторождения. Кроме того, автором и специалистами ЦНИГРИ высоко оценивались перспективы золото-сульфидного оруденения «порфирового стиля» в экзоконтактах тел и даек порфировидных и порфировых диоритов и кварцевых диоритов, признаки которого были установлены на месторождении Новогоднее-Монто [Андреев, 2001<sup>2</sup>], а позднее именно этот тип оруденения оказался ведущим для месторождения Петропавловское и обеспечил его промышленную значимость.

В начале 2000-х годов начинается наиболее плодотворный этап изучения Тоупугол-Ханмейшорского рудного узла и золотоносности Полярного Урала в целом. Разработка государственного проекта «Урал Промышленный — Урал Полярный» (УПУП) привлекли инвестиции от частных компаний в поисковые и разведочные работы в регионе. Основные объемы работ по изучению золотоносности взяла на себя одна из крупнейших на тот момент Российских золотодобы-



вающих холдинговых компаний «Peter Hambro Mining PLC» (позднее «Petrovsk PLC»). Основной задачей созданных данным холдингом дочерних компаний: ОАО «ЯГК» и АО «Ямалзолото» было как раз изучение Тоупугол-Ханмейшорского рудного узла, а позднее и других площадей Малоуральского ВПП и Войкарской СФЗ, на предмет выявления промышленных золоторудных и меднопорфировых месторождений. Под руководством главного геолога ОАО «ЯГК» А.Г. Процкого началась разведка месторождения Новогоднее-Монто. В период 2001 – 2004 гг. на месторождении и флангах было пробурено более 150 колонковых скважин профилями через 40 м со сгущением до 20 м и расстоянием между скважинами от 50 до 10 м в пределах выявленных потенциальных рудных тел. На флангах месторождения также были пройдены канавы, в северной части увеличена площадь карьера-расчистки, что позволило автору значительно уточнить морфологию, зональность, минеральный состав золотоносных зон березитоподобных метасоматитов [Волчков, 2002ф]. В результате буровых работ были установлены все основные закономерности локализации и параметры золоторудных тел двух основных структурно-вещественных типов месторождения: золото-сульфидно-магнетитового и золото-сульфидно-кварцевого. На основе материалов этого комплекса работ в ФГУП ЦНИГРИ были проведены технологические исследования руд месторождения [Романчук, 2004ф], экспертиза ТЭО и утверждены запасы золота и железных руд.

На разных стадиях разведки к изучению месторождения привлекались специалисты ФГУП ЦНИГРИ при участии автора [Волчков, 2005ф; Риндзюнская, 2004ф, 2005ф и др.], ФГУП ИМГРЭ, Бронницкая ГГЭ [Трофимов, 2004ф], ООО НПП «Геосфера» [Черняев, 2005ф], ООО «Ямалгео», ОАО «СУГРЭ», РУДН и др., проводившие специализированные структурные, геохимические, геофизические, минералогические и другие исследования, результаты которых представлялись в ОАО «ЯГК» и АО «Ямалзолото» в виде отчетов. Часть материалов позже была оформлена в виде статей и тезисов докладов [Беневольский, 2004; Черняев, 2005; Трофимов, 2002, 2004, 2005, 2006; Риндзюнская, 2005; Андреев, 2006 и др.].

В первой половине 2000-х гг. в пределах Тоупугол-Ханмейшорского узла также проводились геологическое доизучение УГГА [Прямоносов, 2004ф] и поисковые работы ОАО «ЯГК» [Бординов, 2005ф]. По результатам поисковых буровых работ, основанных на рекомендациях автора и других специалистов ЦНИГРИ, были выявлены рудные подсечения на перспективных участках центральной и восточной частей рудного узла: Карьерного, Караченцева, Тоупугольского, Аномального, Ханмейшорского, а также Западной минерализованной зоны, где позднее выявлено месторождение Петропавловское. Оценены прогнозные ресурсы золота объектов изученной площади.

В дальнейшем основной объем работ под руководством главного геолога АО «Ямалзолото» В.А. Лючкина был направлен на разведку золоторудного месторождения Петропавловское

и оползание его северного и южного флангов [Лючкин 2009ф]. В результате чего были оценены запасы золота месторождения и прогнозные ресурсы его флангов.

В 2014 году первооткрывателями месторождений Новогоднее-Монто и Петропавловское были признаны геологи, проводившие в пределах них в разные годы поисковые и разведочные работы: Гаптулкадыров М.М., Ивановский В.С., Кузнецов В.И., Лючкин В.А., Мокрый В.Д., Морозов А.Ф., Перминов И.Г., Процкий А.Г., Прямоносков А.П.

Автором совместно с ведущими специалистами ФГУП ЦНИГРИ во второй половине 2000-х годов выполнен комплексный анализ результатов поисковых и разведочных работ, проведенных в пределах Тоупугол-Ханмейшорского рудного узла [Волчков, 2008ф]. При этом проведено сравнение большого количества критериев и признаков золотого оруденения, установленных на месторождениях Новогоднее-Монто и Петропавловское и рудопроявлениях узла. В результате были созданы прогнозно-поисковые модели этих объектов, рекомендованные автором для использования при проведении поисковых работ и оценки известных и вновь выявляемых золоторудных проявлений как в пределах Тоупугол-Ханмейшорского рудного узла, так и других перспективных площадей Малоуральского ВПП. Полученные данные были отражены в ряде статей и докладов к конференциям специалистами ЦНИГРИ [Андреев, 2008, 2011; Мансуров, 2007, 2009, 2011, 2013; Двуреченская, 2007; Устинов, 2007; Girfanov, 2008; Зубова, 2008; Щегольков, 2007, 2010], ОАО «ЯГК» и АО «Ямалзолото» [Лючкин, 2006, 2007; Кениг, 2013], Бронницкой ГГЭ [Трофимов, 2007]. Впоследствии, на основе накопленного в те годы базового материала, в печати появлялись статьи различных исследователей (преимущественно РУДН и ИГЕМ РАН), посвященные геологии, минералогии, экологии и другим особенностям месторождений Петропавловское и Новогоднее-Монто [Викентьев, 2013, 2016; Иванова, 2014, 2015, 2016 и др.].

Разработанные автором совместно с другими специалистами ФГУП ЦНИГРИ прогнозно-поисковые модели месторождений Новогоднее-Монто и Петропавловское и основанные на них рекомендации в дальнейшем использовались при тематических и поисковых работах в южных районах Малоуральского ВПП, проводимых ФГУП ЦНИГРИ, ООО «Ямалгео», ОАО «ЯГК» и ФГУП ИМГРЭ [Волчков, 2007ф; Степанов, 2008ф; Шлома, 2010ф; Терентьев, 2012ф;]. По результатам этих работ были установлены новые золоторудные проявления, что позволило высоко оценить потенциал всего Малоуральского ВПП на выявление промышленных золоторудных объектов «новогодненского» и «петропавловского» типов [Волчков, 2007; Гирфанов, 2008].

К сожалению, остановка государственного проекта по освоению рудных месторождений Полярного Урала «Урал Промышленный — Урал Полярный» не позволила начать разработку месторождений Новогоднее-Монто и Петропавловское, а также провести доизучение многочис-

ленных золоторудных проявлений и пунктов минерализации, выявленных в пределах Малоуральского ВПП. Несмотря на это, высокий потенциал и относительно хорошая доступность для изучения этой части Урала не исключает возобновления здесь ГРР в будущем.

Необходимость возобновления поисков и освоения коренных месторождений полезных ископаемых и в первую очередь развития минерально-сырьевой базы золота на Полярном Урале было обозначено государственной программой «Социально-экономического развития Арктической зоны Российской Федерации» (постановление Правительства РФ от 21 апреля 2014 г. № 366) и Указом Президента РФ № 164 от 5 марта 2020 г. «Об Основах государственной политики Российской Федерации в Арктике на период до 2035 года».

Указанные документы предполагают наращивание за счет государственного и частного финансирования объемов геологоразведочных работ (ГРР), которые будут способствовать развитию ресурсной базы полезных ископаемых Арктической зоны, и, соответственно, повышению инвестиционной привлекательности расположенных в ее пределах регионов, к которым относятся и ЯНАО. Не смотря на огромное стратегическое значение Ямальского региона в вопросе природного газа и нефти, задача по «воспроизводству и использованию природных ресурсов», обозначенная государственной программой, определяет необходимость укрепления минерально-сырьевой базы золота Полярного Урала и постановки новых поисковых работ в пределах Малоуральского ВПП.

В связи с этим, автором, на основе обширного материала, полученного в ходе многолетних исследований на объектах Новогодненского рудного поля при их опoисковании и разведке, выполнена работа по актуализации (в свете современных тенденций по направлениям поисковых работ) прогнозно-поисковой модели разноранговых объектов золото-сульфидно-кварцевой формации на примере Тоупугол-Ханмейшорского рудного узла, Новогодненского рудного поля и месторождения новогоднее-Монто применительно ко всему Малоуральскому ВПП. Определены геолого-тектоническая позиция, структурно-вещественные типы золотого оруденения, условия их формирования и локализации в сочетании с комплексом других поисковых признаков. Результаты исследований автора послужили основой для публикации ряда кратких сообщений и статей [Андреев, 2016<sup>1</sup>, 2016<sup>2</sup>, 2018<sup>1</sup>, 2018<sup>2</sup>, 2021<sup>1</sup>, 2021<sup>2</sup>] и представленной диссертационной работы.

Созданная в результате комплексная модель золоторудных объектов позволяет прогнозировать и выделять новые перспективные площади для обоснования и постановки поисковых работ в рамках госпрограммы социально-экономического развития арктических территорий, а также позволяет повысить эффективность проведения поисковых работ на этих площадях и оценки выявляемых золоторудных объектов.



## 1.2. Региональная позиция и геологическое строение Тоупугол-Ханмейшорского рудного узла

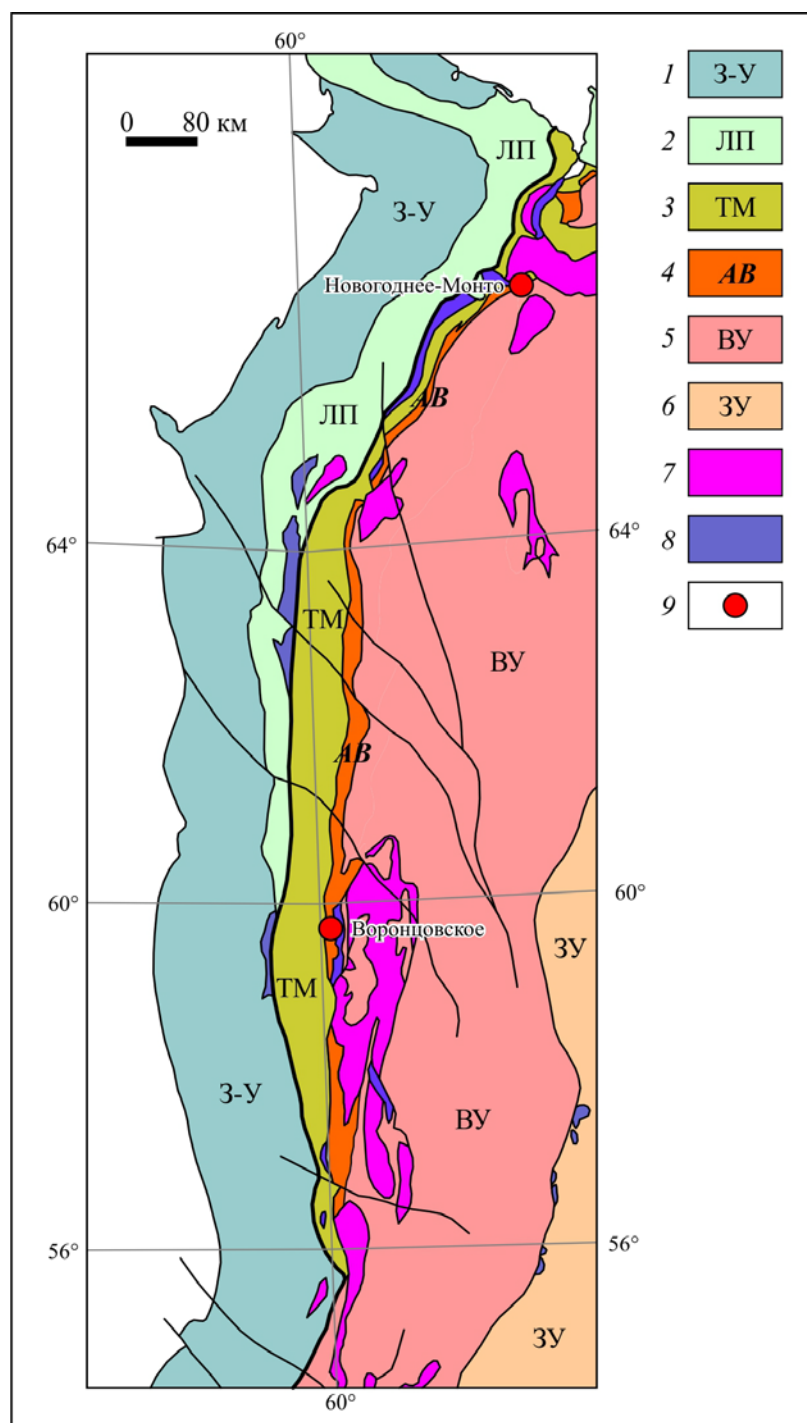
### 1.2.1. Региональная позиция Тоупугол-Ханмейшорского рудного узла

Выделяемый автором Тоупугол-Ханмейшорский рудный узел [Волчков, 2005ф; Андреев, 2006] площадью около 130 км<sup>2</sup>, включающий рассматриваемое в данной работе Новогодненское рудное поле [Черемисин, 2000; Андреев, 2001<sup>2</sup>], в соответствии со структурно-формационным районированием полярноуральской части Уральской складчатой системы (УСС) на ГК-1000, листы Q-41 [Шишкин, 2007] и Q-42 [Зылёва, 2014], расположен в области северного замыкания Малоуральской подзоны Войкарской структурно-формационной (металлогенической) зоны (СФЗ) (см. Рисунок 1.1). Малоуральская подзона отвечает области развития образований вулканогенно-плутонических ассоциаций (ВПА) среднепалеозойского Малоуральского (Войкарского) вулканогенно-плутонического пояса (ВПП) [Язева 1984].

По мнению ряда специалистов по металлогении Урала [Волчков, 2001ф; Золотов, 2002; Курбанов, 2005], Малоуральский ВПП по своему строению и условиям формирования близок Красноуральскому ВПП Северного–Среднего Урала, к которому приурочен Ауэрбаховский рудный узел с Воронцовским золоторудным месторождением. Близость строения и геотектонической позиции Малоуральского и Красноуральского поясов, по мнению ряда авторов [Язева, 1984; Курбанов, 2005], позволяет объединять их в единую более крупную структуру — энзиматический окраинный Ауэрбаховско-Войкарский ВПП кордильерского типа (Рисунок 1.2), приуроченный к зоне сочленения структур двух структурно-формационных мегазон — Тагильско-Магнитогорского прогиба и Восточно-Уральского поднятия.

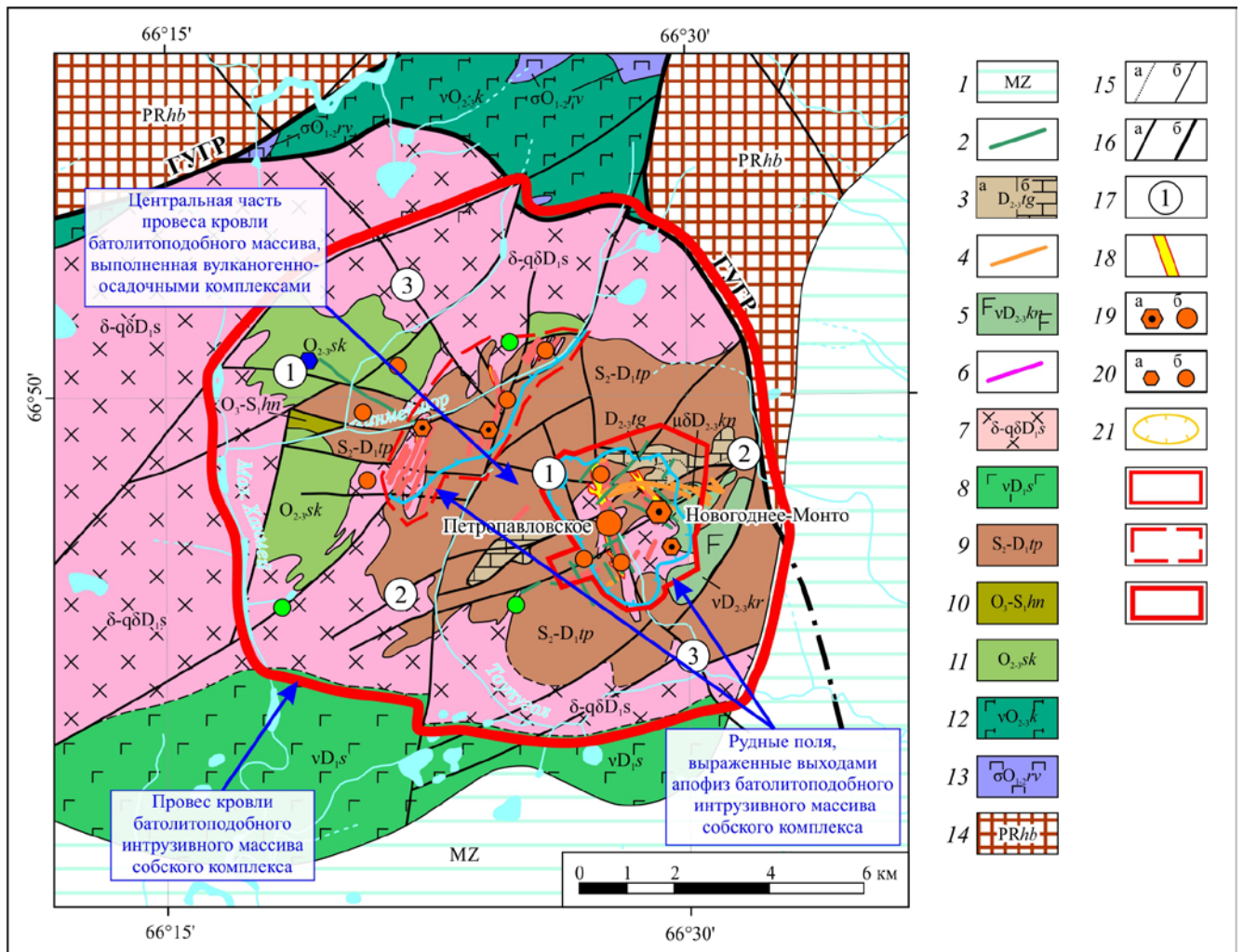
Основное количество известных золоторудных районов и узлов Ауэрбаховско-Войкарского ВПП сосредоточено в его Североуральском, Среднеуральском сегментах и северной части Южноуральского сегмента, где они относительно хорошо изучены. Для рудных районов данного ВПП характерно полигенно-полихронное развитие с узловым распределением концентраций рудных полей и месторождений [Курбанов, 2005]. Рудные районы и узлы характеризуются комплексной рудоносностью — наряду с золоторудными месторождениями разных формаций и субформаций (золото-кварцевой, золото-сульфидно-кварцевой, золото-сульфидной) в их пределах расположены и золотосодержащие месторождения и рудопроявления медно-железо-скарнового и меднопорфирового типов [Барышев, 1991ф, Кривцов, 1999]. Примером полигенно-полихронных узлов на Среднем Урале, прежде всего, является Ауэрбаховский рудный узел с Воронцовским золоторудным месторождением и многочисленными золотосодержащими медно- и медно-железо-скарновыми месторождениями.

Региональная позиция Тоупугол-Ханмейшорского рудного узла в пределах Малоуральского ВПП определяется приуроченностью к области сочленения структур Войкарской СФЗ со структурами Харбейско-Марункеуской и Зауральской СФЗ (см. Рисунок 1.1, Рисунок 1.3).



1 — Западно-Уральская СФЗ, 2 — Ляпинско-Полярноуральская СФЗ, 3 — Тагильско-Магнитогорская СФЗ, 4 — Ауэрбаховско-Войкарский ВПП, 5 — Восточно-Уральско-Тобольская СФЗ, 6 — Зауральская (Кустанайская) СФЗ, 7 — консолидированные блоки древнего фундамента (выходящих на поверхность), 8 — офиолитовые и метагипербазитовые пояса, 9 — золоторудные месторождения Новогоднее-Монто и Воронцовское

Рисунок 1.2 — Позиция Ауэрбаховско-Войкарского ВПП в структурах УСС (по Н.К Курбанову и др. [Курбанов, 2005])



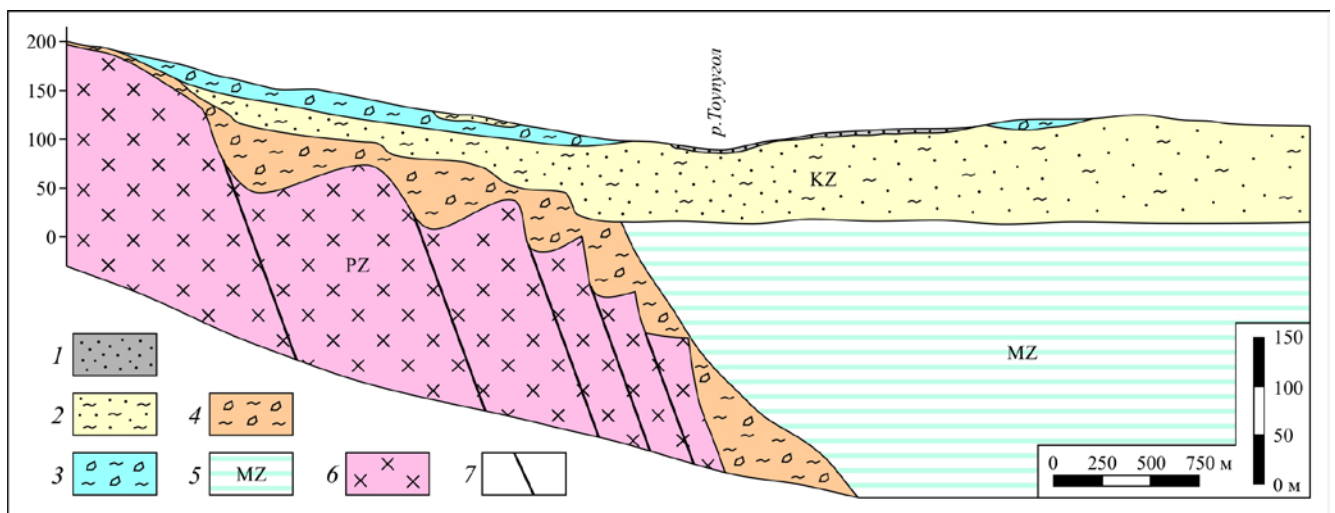
1 — мезозойский чехол Западно-Сибирской плиты (MZ); 2 — малоханмейский габбро-диабазовый комплекс (D<sub>2-3</sub>Т?mh): дайки диабазов, диабазовых порфиров, лампрофиров; 3 — тоупугольгартская толща (D<sub>2-3</sub>tg): а) конгломераты, гравелиты, песчаники, алевролиты, б) известняки рифогенные; конгорский габбро-монцодиоритовый комплекс (D<sub>2-3</sub>kn); 4 — монцодиорит-порфиры, кварцевые монцодиорит-порфиры, кварцевые монциты и монцитодориты, 5 — габбро-долериты, их кварцсодержащие разновидности порфировидные; **продуктивная ВПА Малоуральского ВПП**: собский габбро-диорит-тоналитовый комплекс (D<sub>1s</sub>), продуктивный на золото-сульфидно-кварцевое и меднопорфировое оруденение: 6 — диорит-порфиры, кварцевые диорит-порфиры, 7 — диориты, кварцевые диориты, тоналиты (δ-qδ), 8 — габбро, габбро-диориты (v); 9 — тоупугольская толща (S<sub>2</sub>-D<sub>1</sub>tp): лавы и туфы базальтовых, андезитобазальтовых порфиров, конгломераты, гравелиты, песчаники полимиктовые, алевропесчаники и алевролиты, массивы и линзы известняков; комплексы основания и его рамы Малоуральского ВПП: 10 — ханмейшорская толща (O<sub>3</sub>-S<sub>1</sub>hs): флишиоидное переслаивание конгломератов, гравелитов и песчаников, алевропесчаников, алевролитов; 11 — соколинская толща (O<sub>2-3</sub>sk): лавы базальтов толлитовых, шаровые лавы, прослои песчаников; 12 — кэршорский гипербазит-габбровый комплекс (O<sub>2-3</sub>k): габброиды, аподунитовые серпентиниты; 13 — райизско-войкарский гипербазитовый комплекс (O<sub>1-2</sub>rv): дуниты, верлиты, пироксениты; 14 — харбейский метаморфический комплекс (PRhb): амфиболиты, гнейсы, кристаллосланцы; 15 — геологические границы: а) между разновозрастными образованиями, б) фациальные; 16 — разрывные нарушения: а) главные (зоны ГУТР), б) прочие разломы; 17 — цифрами обозначены системы разрывных нарушений: 1 — Ханмейшорского разлома, 2 — Тоупугольского разлома, 3 — Евеганского разлома; 18 — зоны хлорит-альбитовых и березитоподобных кальцит-серцит-кварцевых метасоматитов с сульфидной минерализацией; 19 — золоторудные месторождения: а) Новогоднее-Монто, б) Петропавловское; 20 — рудопоявления золота: а) с ведущей ролью золото-скарнового типа оруденения, б) с ведущей ролью золото-сульфидного и золото-сульфидно-кварцевого типов оруденения; 21 — комплексные (Au+Ag+Cu+Hg) геохимические ореолы ВОР; 22 — контур Новогодненского рудного поля; 23 — контуры потенциальных рудных полей (Соколинское и Ханмейшорское), 24 — контур Тоупугол-Ханмейшорского рудного узла

Рисунок 1.3 — Геологическая карта Тоупугол-Ханмейшорского рудного узла (составлено автором по собственным материалам [Волчков, 2001ф, 2005ф, 2008ф], ГК-200 (лист Q-42-VII-VIII), прогнозно-поисковых работ УГГА [Прямоносков, 2004ф], поисковых и разведочных работ ОАО «ЯГК» и ОАО «Ямалзолото» [Бординов, 2005ф; Лючкин, 2009ф], с дополнениями)

Прилегающая с севера и северо-востока к Тоупугол-Ханмейшорскому рудному узлу часть Харбейско-Марункеуской СФЗ сложена метаморфитами раннего протерозоя и рифея (ханмейхойская ( $PR_1 hn$ ), лаптаюганская ( $PR_1 lp$ ), париквасьшорская ( $RF_3 pr$ ) толщи) в составе которых преобладают амфиболиты, гнейсы и кристаллосланцы. Интрузивный магматизм этой СФЗ представлен малыми плутоническими телами измененных ультрамафитов, габбро и ареалами тел гнейсогранитов.

Войкарская и Харбейско-Марункеуская СФЗ разделены тектонической зоной первого порядка, являющейся составляющей Главного Уральского глубинного разлома (ГУГР). Эта тектоническая зона маркируется телами офиолитов райзско-войкарского ( $O_{1-2} rv$ ) и габбро-гипербазитов кэршорского ( $O_{2-3} k$ ) комплексов. Не исключено, что расположение площади Тоупугол-Ханмейшорского рудного узла в зоне влияния долгоживущего глубинного разлома являлось одним из факторов для формирования и развития рудно-магматических систем и возникновения промышленного золотого оруденения. В подобной же позиции на Северном Урале, в зоне влияния Серовско-Маукского глубинного разлома, расположен Аурбаховский рудный узел.

Зауральская СФЗ представляет собой краевую часть Западно-Сибирской платформы, где по серии ступенчатых сбросов (Обской тектонической уступ) домезозойский фундамент Войкарской СФЗ погружен на большие глубины и перекрыт мощной толщей внутриконтинентальных и шельфовых терригенных отложений мезозойского и кайнозойского возрастов (Рисунок 1.3).



1 — голоценовые аллювиальные отложения; 2 — кайнозойские озерно-аллювиальные, водно-ледниковые и морские отложения; 3 — моренные отложения полярноуральского и ханмейского комплексов; 4 — мезо-кайнозойские элювиально-делювиальные образования, в том числе остаточные коры выветривания; 5 — мезозойский чехол Западно-Сибирской платформы; 6 — палеозойский фундамент — интрузивные породы собского комплекса ( $D_{1s}$ ); 7 — серия ступенчатых сбросов

Рисунок 1.4 — Схема строения Обского тектонического уступа в южной части Тоупугол-Ханмейшорского рудного узла (по материалам поисковых работ на россыпное золото ОАО «ЯГК» [Буляков, 2004ф])

В связи со сложным покровно-надвиговым строением рассматриваемой части УСС, не существует однозначной точки зрения о субстрате, на котором формировался Малоуральский ВПП. В то же время, широкое распространение здесь образований офиолитовой ассоциации ГУГР и непосредственная близость ультраметаморфитов раннего протерозоя Харбейско-Марункеуской СФЗ позволяют предполагать гетерогенность субстрата рассматриваемого ВПП.

### 1.2.2. Геологическое строение Тоупугол-Ханмейшорского рудного узла

В составе Малоуральского ВПП Тоупугол-Ханмейшорский рудный узел (см. Рисунок 1.3), с учетом имеющихся данных аэрогеофизической съемки (Рисунок 1.5, Рисунок 1.6), выделяется как изометричная депрессионная тектоно-магматическая структура — «провес кровли» [Черемисин, 2000; Андреев, 2001<sup>1</sup>] краевой части среднепалеозойского Собского полифазного батолито-подобного массива, протягивающегося на несколько сотен километров вдоль всего Малоуральского ВПП (см. Рисунок 1.1).

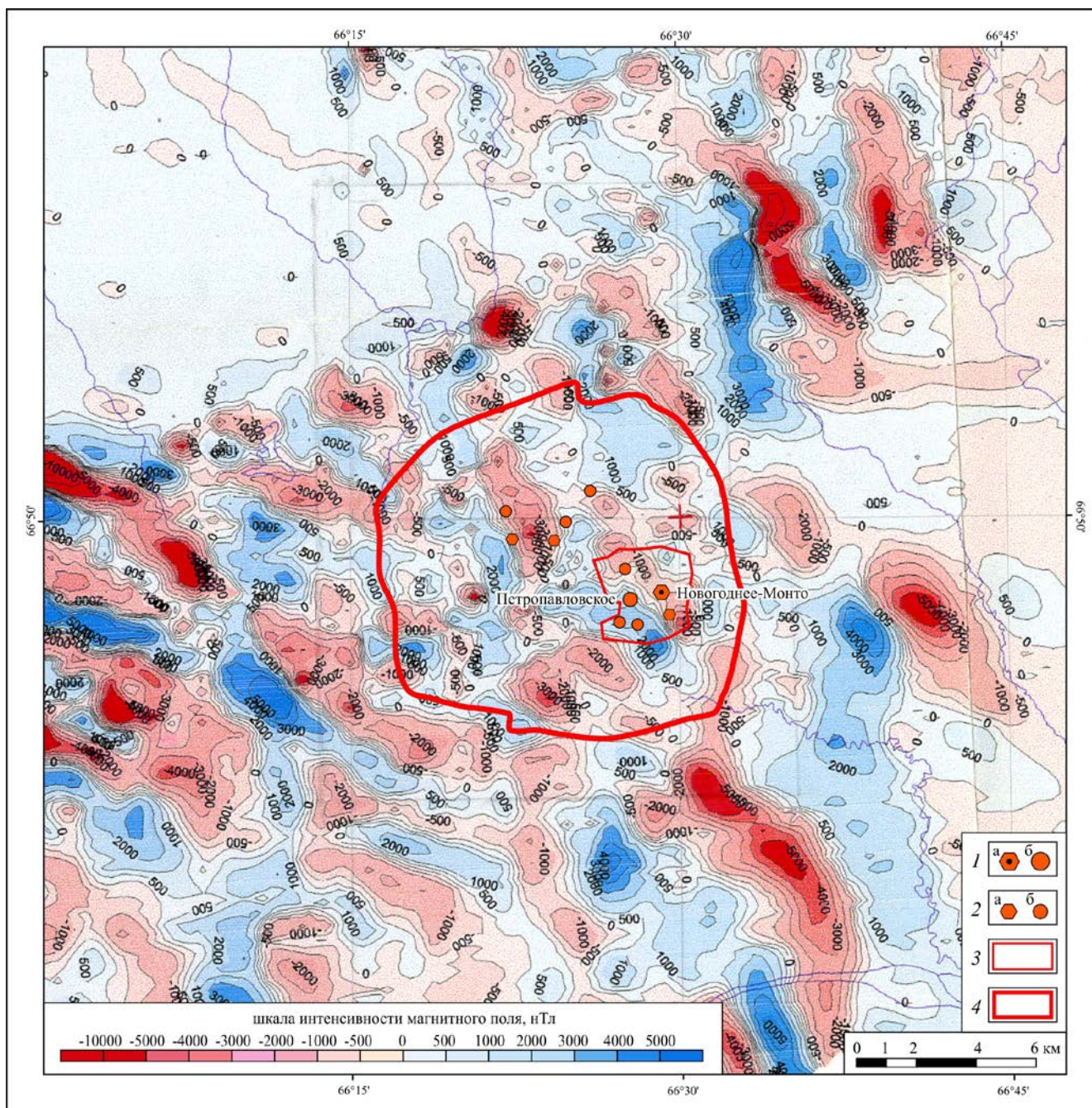
Узел характеризуется достаточно определенным рисунком аномальных геофизических полей. Выделенный полигональный блок рудного узла располагается в центральной части крупной кольцевой аномальной области с мозаично-радиально-концентрическим характером знакопеременного магнитного поля (см. Рисунок 1.5) и распределения калия (по данным АГСМ) (см. Рисунок 1.6) на фоне более однородных и упорядоченных геофизических полей прилегающих безрудных территорий.

Структура рудного узла располагается в области пересечения долгоживущих региональных зон тектонических нарушений восток-северо-восточной и северо-северо-западной ориентировок (см. Рисунок 1.3). Сочетание разнонаправленных тектонических нарушений обуславливает блоковое строение рудного узла, а участкам их пересечения отвечают центры среднепалеозойского и более поздних (палеозойско-мезозойского) этапов магматизма, что указывает на длительное развитие узла.

По данным геологосъемочных работ [Прямоносков, 1994ф], центральная часть тектоно-магматической депрессии рудного узла, соответствует остаточному фрагменту Тоупугольской брахисинклинали, юго-восточное крыло которой срезано тектонической зоной Обского уступа и перекрыто мезозойскими отложениями Западно-Сибирской платформы. Брахисинклиналь сформирована вулканогенно-осадочными породами среднего палеозоя (см. Рисунок 1.3), которые на флангах осложнены пликативными нарушениями типа приразломных складок и флексур. В ядре синклинали выходят наиболее молодые средне-верхнедевонские терригенно-карбонатные породы, а крылья сложены вулканогенно-осадочными толщами ордовика, силура и нижнего девона. Площадь распространения палеозойских вулканогенно-осадочных пород рассматривается



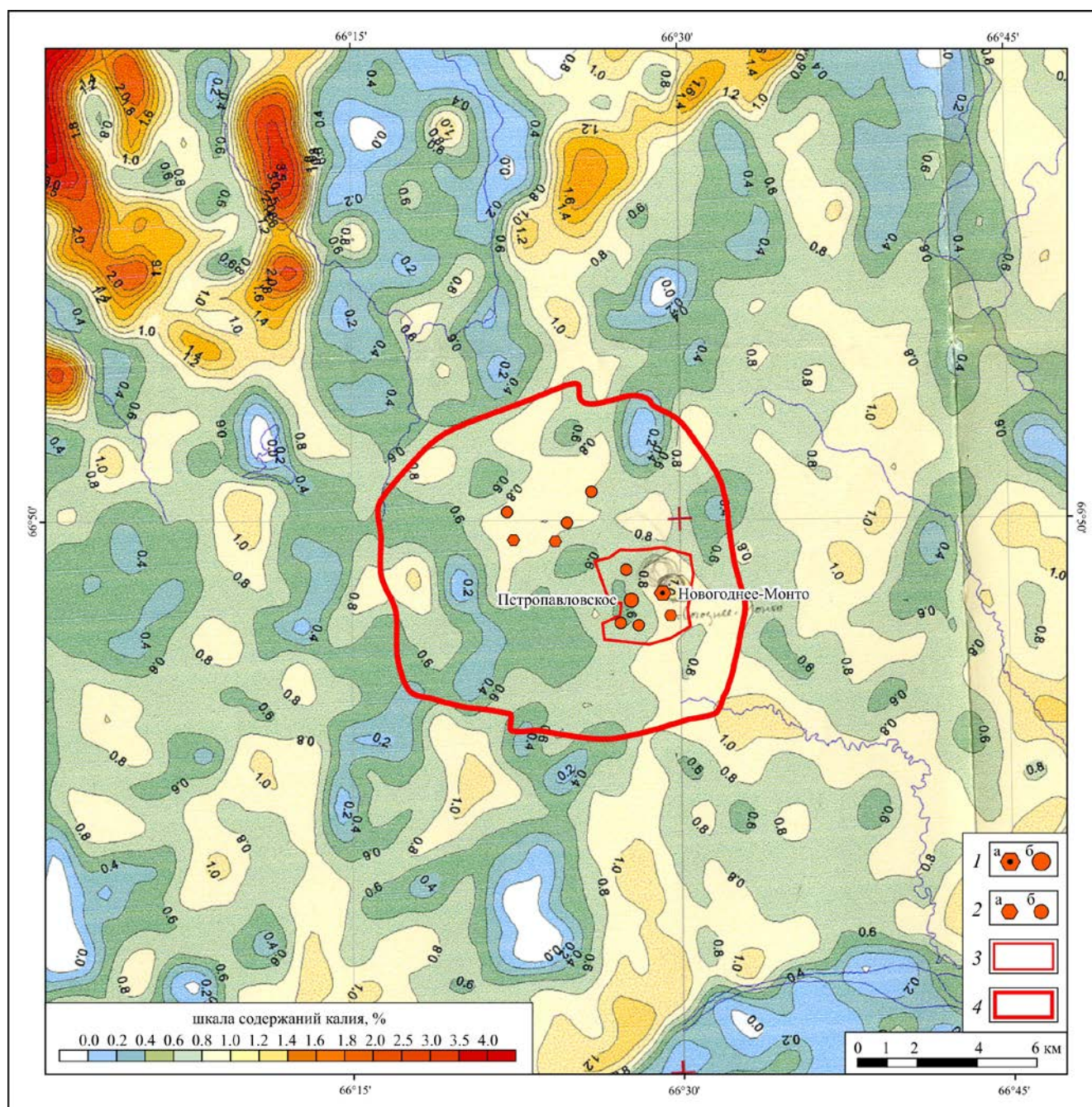
как, наиболее продуктивная на золото часть рудного узла. В контур узла автором включены также тектонически дислоцированные участки интрузивного обрамления области распространения вулканитов, благоприятные для локализации золотого и сопутствующего меднопорфирового оруденения.



1 — золоторудные месторождения: а) Новогоднее-Монто, б) Петропавловское; 2 — рудопоявления золота: а) с ведущей ролью золото-скарнового оруденения, б) с ведущей ролью золото-сульфидного и золото-сульфидно-кварцевого оруденения; 3 — контур Новогодненского рудного поля; 4 — контур Тоупугол-Ханмейшорского рудного узла

Рисунок 1.5 — Карта магнитных аномалий Тоупугол-Ханмейшорского рудного узла и его периферии (по материалам аэромагнитной съемки ДП ТО СНИИГГиМС [Мельникова, 2001ф])





Условные обозначения см. Рисунок 1.5

Рисунок 1.6 — Карта содержаний калия Тоупогол-Ханмейшорского рудного узла и его периферии (по материалам аэрогаммаспектрометрической съемки ДП ТО СНИИГГиМС [Мельникова, 2001ф])

Усложнение структуры рудного узла связано с внедрением ранне-среднедевонских рудоносных интрузивных образований диорит-кварцдиорит-тоналитового состава и с последующими неоднократными этапами тектоно-магматической активизации позднедевонско-мезозойского времени. При этом сформировалась сложная система внутриблоковых разломов субширотной, северо-западной и северо-восточной ориентировок. Главными нарушениями этой системы являются зоны Ханмейшорского и Тоупугольского субширотных разломов [Прямонос, 1994ф], а

также зона Евъеганского диагонального разлома [Перминов, 2002ф] (см. Рисунок 1.3). Эти структуры представляют собой широкие (до 1,5 – 2,0 км) зоны разлинзования и будинажа с крутыми (50 – 80°) падениями главных швов преимущественно в южных румбах. Главные швы сопровождаются разнонаправленными оперяющими нарушениями.

Разрывные нарушения различного времени заложения неоднократно активизировались. Об этом, в частности, свидетельствует их отражение в современном рельефе в виде спрямленных и коленообразных отрезков речной сети и водоразделов.

Отмеченный структурный план Тоупугол-Ханмейшорского рудного узла отчетливо выражен пересечениями разноориентированных линейных градиентов магнитного поля и электрических полей ВП (подробно, геофизические поля центральной части рудного узла рассмотрены при характеристике Новогодненского рудного поля в Главе 2).

В металлогеническом плане, рудный узел выделяется на фоне сопредельных территорий как область скопления коренных проявлений золота золото-сульфидной, золото-сульфидно-кварцевой и золото-скарновой субформаций золото-сульфидно-кварцевой рудной формации. Кроме того, в процессе многолетних геологосъемочных и поисковых работ в пределах узла выявлены зоны пиритовой, кварцево-жильной, магнетитовой, медной, полиметаллической минерализации. Проявления минерализации сопровождаются сериями сближенных ареалов распространения гидротермальных изменений различного состава и генетического типа (скарнирования, пропицитизации, альбитизации, окварцевания, серицитизации, кальцитизации, аргиллизации и др.). Поля развития рудно-метасоматических образований фиксируются серией сближенных комплексных вторичных литохимических и гидрохимических ореолов Au и его элементов-спутников (Ag, Cu, Mo, Hg, As, Bi, Co, W, Pb, Zn, Ba и др.) с концентрациями выше регионального геохимического фона (см. Рисунок 1.3).

Золотоносные россыпи и шлиховые потоки рассеяния золота в пределах узла не обнаружены, известны лишь отдельные знаки шлихового золота. Отсутствие россыпей связывается в первую очередь с преобладанием в коренных проявлениях тонкодисперсного золота микронных размеров, а также с ландшафтно-климатическими условиями района — повсеместно развитым чехлом ледниковых и водно-ледниковых отложений, заболоченностью территории [Риндзюнская, 2005ф].

В геологическом отношении Тоупугол-Ханмейшорский рудный узел сложен комплексом стратифицированных и интрузивных палеозойских образований, отвечающих последовательному ряду геологических формаций.

### **Стратифицированные подразделения**

Согласно стратиграфической схеме, разработанной для рассматриваемой площади геологами ОАО «ПУГТП» и УГГА [Прямоносов, 1994ф, 2004ф] и впоследствии использованной для



создания Серийной легенды Полярно-Уральской серии листов (1999, 2009) и ГГК масштабов 1:200 000 [Душин, 2014] и 1:1 000 000 [Зылёва, 2014], стратифицированные породы рудного узла разделены на следующие подразделения (от ранних к поздним) (Рисунок 1.7).

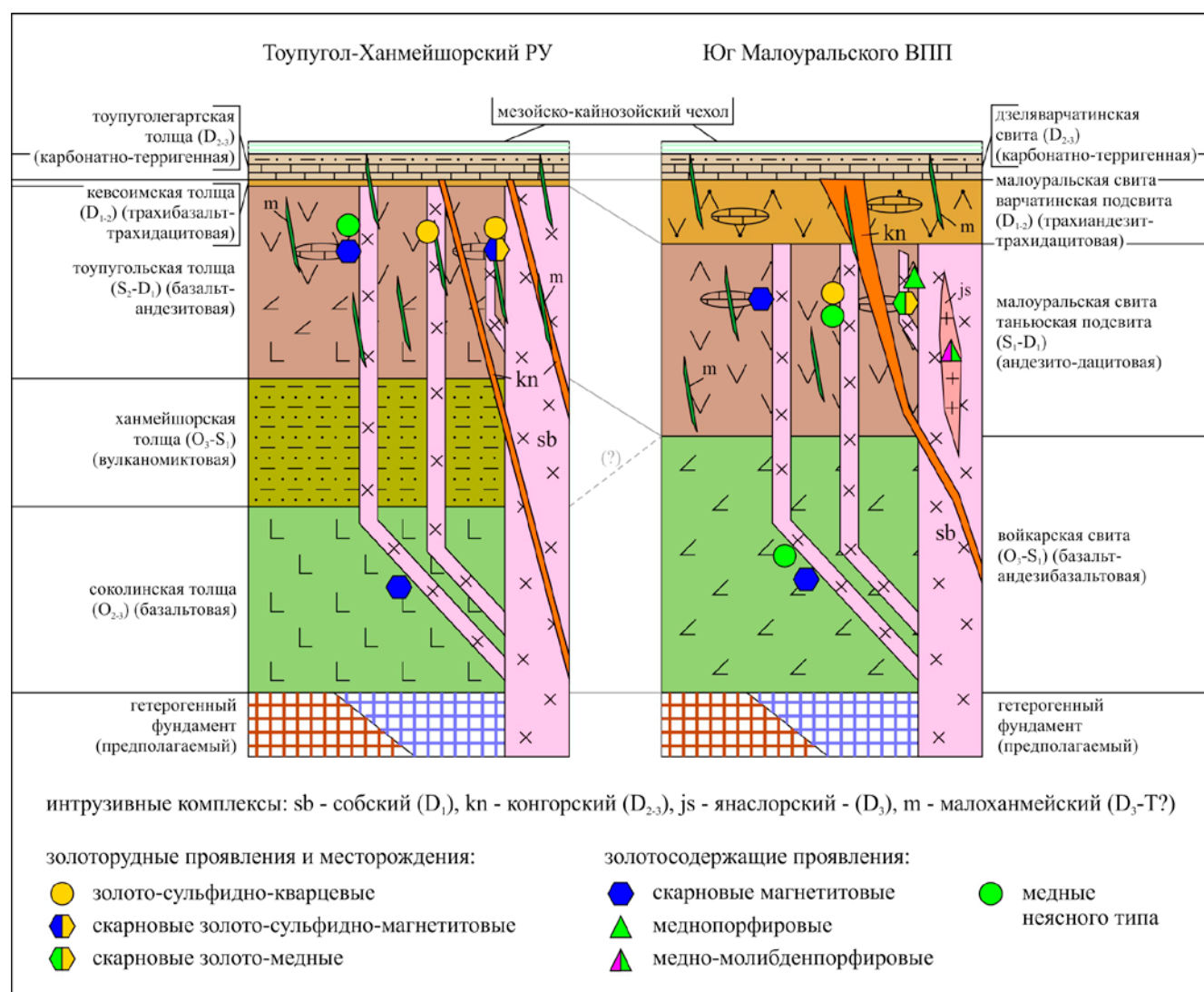


Рисунок 1.7 — Схемы строения Малоуральского ВПП в пределах Тоупугол-Ханмейшорского рудного узла (РУ) и южных его частей с позицией в разрезе известных золоторудных и золото-содержащих рудопоявлений и месторождений (составлено автором по собственным материалам [Риндзюнская, 2005ф; Волчков, 2007ф], ООО «Ямалгео» [Степанов А.Е., 2008ф], ГГК-200 второго поколения)

**Соколинская толща ( $O_{2-3} sk$ ).** Образования толщи распространены в западной части рудного узла (см. Рисунок 1.3). Они представлены лавами океанических толеитовых афировых базальтов, спилитов, альбитизированных базальтов, нередко миндалекаменных, с потоками подушечных (шаровых) лав. Среди лав редко присутствуют маломощные прослои кремнистых алевролитов. Вблизи контактов с интрузиями породы толщи перекристаллизованы, амфиболизируются. Мощность толщи превышает 1500 м, нижняя граница не установлена. Указанные образо-

вания толщи принадлежат к недифференцированной базальтовой формации океанического основания Малоуральского ВПП. В породах толщи известно ряд слабо изученных пунктов сульфидной и магнетитовой минерализации в том числе золотоносной (рудопоявление Соколиное). Образование золотосодержащей минерализации в базальтах автор предварительно связывает с гидротермальными процессами сопровождающими внедрение более поздних рудоносных интрузий собского комплекса, с которыми сопряжено оруденение в других частях рудного узла.

**Ханмейшорская толща** ( $O_3-S_1 hn$ ), как и соколинская, характерна только для западной части узла (см. Рисунок 1.3). Толщу составляют породы исключительно осадочного генезиса — флишное переслаивание разномасштабных песчаников, полимиктовых гравелитов и конгломератов, в меньшем объеме присутствуют алевролиты, в том числе гематитизированные, известково-глинистые и битуминозные алевропесчаники. В обломках конгломератов преобладают плагиоориолиты, плагиодациты, актинолитизированные афировые базальты. Мощность толщи оценивается в 1000 – 1300 м, ее отложения субсогласно залегают на базальтах соколинской толщи, что указывает на закономерную смену базальтоидного вулканизма этапом накопления терригенного флиша, что характерно и для оснований других ВПП Урала — например «кабанский флиш» [Кривцов, 1999] в основании Именновского ВПП Северного–Среднего Урала. Контакт с вышележащими отложениями тектонический.

**Тоупугольская толща** ( $S_2-D_1 tp$ ). Вулканогенные и вулканогенно-осадочные отложения этой толщи являются наиболее распространенными стратифицированными образованиями в пределах рудного узла и основными рудовмещающими породами для золотого оруденения (см. Рисунок 1.3). Вулканогенные фации представлены лавами афировых (в том числе шаровыми и кластолавами) базальтов и андезитобазальтов, андезитов, пироксен-плагиоклазовых, реже плагиоклазовых базальтовых и андезитобазальтовых порфиритов (часто с гематитизированным цементом), их туфами и пирокластами (бомбовые, лапиллиевые и пепловые туфы). Состав вулканитов тоупугольской толщи соответствует вулканитам умеренно зрелых островных дуг [Силаев, 2003<sup>1</sup>]. Вулканогенные породы переслаиваются с осадочными образованиями, а также фациально сменяются ими по латерали. Среди осадочных пород присутствуют вулканомиктовые конгломераты и гравелиты, полимиктовые пестроцветные песчаники, известковистые песчаники, известково-глинистые и глинисто-кремнистые алевропесчаники, редкие прослои углисто-глинистых алевропесчаников и алевролитов. Осадочные породы нередко слагают ритмичные пачки, невыдержанные по составу и мощности, что выражает крайне невыдержанную цикличность смены периодов вулканической активности и осадконакопления. Среди пород тоупугольской толщи присутствуют рифовые постройки, линзы и прослои известняков, за счет которых вблизи контактов с интрузиями образуются ореолы скарнирования и пироксен-гранатовые скарны с линзами магне-

тата. По силикатным породам широко развиты метасоматические изменения (в том числе с золото-сульфидной минерализацией) хлорит-альбитового, кварц-альбитового, хлорит-серицит-кварцевого, кальцит-кварц-серицитового, хлорит-эпидотового и др. состава, ороговикование. Мощность отложений свиты оценивается по съемочным работам более чем 1500 м [Прямоносков, 1994ф, 2004ф], нижняя граница толщи не установлена. Образования толщи (по представлениям о строении вулканоплутонических поясов Урала по А.И. Кривцову, И.Ф. Мигачеву, [Кривцов, 1997, 1999]) автором отнесены к вулканогенно-терригенно-карбонатной базальт-андезитобазальтовой формации и представляют собой вулканогенно-осадочную составляющую (совместно с интрузивными образованиями собского комплекса, рассмотренного ниже) продуктивной на золото и сопутствующие металлы вулканоплутонической ассоциации (ВПА) островодужной стадии развития Малоуральского ВПП. Данная толща вмещает практически все известные проявления золота рудного узла и Новогодненского рудного поля, в том числе золоторудные месторождения Новогоднее-Монто и Петропавловское.

В кровле тоупугольской толщи А.П. Прямоносковым и др. [Прямоносков, 2004ф] в качестве самостоятельного стратиграфического подразделения — *кевсоимской толщи*, выделяются пирокластические туфы трахидацитов с прослоями полимиктовых песчаников и гравелитов мощностью 4 м (вскрыты лишь одной скважиной). По мнению этих исследователей, толща в пределах узла была полностью эродирована в среднем девоне. В более южных районах Малоуральского ВПП вулканы трахитоидного (трахибазальт-трахидацитового) состава распространены более широко и составляют верхнюю подсвиту малоуральской свиты (варчатинская подсвита) ранне-среднедевонского возраста, нижняя (таньуская) подсвита которой является аналогом тоупугольской толщи (см. Рисунок 1.7). К данному стратифицированному подразделению, вероятно, можно отнести и субщелочные базальты и андезитобазальты, отмечаемые в верхах тоупугольской толщи [Черняев, 2005ф]. Данные образования отнесены автором к трахибазальт-трахидацитовой формации и представляют собой вулканогенную составляющую ВПА (совместно с интрузивами рассмотренного далее конгорского комплекса) постостроводужно-раннеконтинентальной стадии развития Малоуральского ВПП (по аналогии с другими ВПП Урала [Кривцов, 1999]).

*Тоупугольегартская толща* ( $D_2\text{--}3tg$ ) распространена в пределах рудного узла ограничено, развита в погруженных блоках, субширотных мульдо- и грабенообразных структурах [Прямоносков, 2004ф], перекрывая с угловым несогласием рудовмещающие породы тоупугольской толщи. В частности, слагающие ее породы выполняют брахиформные впадины к северу от месторождения Новогоднее-Монто (см. Рисунок 1.3). Толща состоит из двух пачек. Нижняя пачка представлена практически исключительно органогенными рифовыми известняками: серыми битуминозными, белыми, розовыми, иногда брекчированными с гематит-кальцитовым и хлорит-кальцито-

вым цементом. Среди известняков присутствуют редкие прослои песчанистых известняков, известково-глинистых и глинисто-кремнистых алевропесчаников и алевролитов. Мощность известняков достигает 200 м, они с разрывом залегают на породах тоупугольской толщи. В кровле известняков фрагментарно присутствуют образования верхней пачки, представленные переслаиванием полимиктовых конгломератов, гравелитов, пестроцветных песчаников, зеленых и вишневых алевролитов и алевропесчаников с прослоями радиоляритов. Сохранившаяся мощность верхней пачки достигает 50 м. По мнению автора, накопление отложений тоупугольегартской толщи маркирует завершение вулканизма и, вероятно, развития Малоуральского ВПП в целом.

Более молодых палеозойских стратифицированных образований в пределах Тоупугол-Ханмейшорского рудного узла не установлено.

Нельзя не отметить, что по причине практически полной закрытости территории рудного узла, широкого распространения разрывной тектоники и метасоматических изменений, представленная схема расчленения палеозойских стратифицированных образований неоднократно менялась, а также предлагались альтернативные схемы.

Так, в 2003 – 2004 гг. ООО «НПО Геосфера» (г. Томск) по заказу АО «Ямалзолото» был проведен анализ существующих данных по стратиграфии района, и в результате было предложено переработать устоявшуюся стратиграфическую схему [Черняев, 2005ф]. Авторами этой разработки предлагалось образования тоупугольской и тоупугольегартской толщ объединить в единую новогодненскую толщу. В свою очередь, новогодненская толща была разделена на три подтолщи: нижнюю — осадочно-вулканогенную, среднюю — терригенно-карбонатную и верхнюю — вулканогенно-осадочную. Вследствие выделения единого стратиграфического подразделения, карбонатные породы тоупугольской и тоупугольегартской толщ были увязаны в один горизонт (средняя подтолща). Близкое расчленение вулканогенно-осадочного комплекса ранее использовалось при поисково-съёмочных работах м-ба 1:50 000 В.П. Ереминым [Еремин, 1974ф], который выделял: вулканогенно-осадочную толщу ( $S_2-D_1$ ), известняковую толщу ( $D_2$ , эйфельский ярус), вулканогенно-осадочную толщу ( $D_2$ , (живетский ярус) –  $D_3$ ).

Несмотря на ряд фактов, приведенных в пользу выделения новогодненской толщи, предлагаемая схема не учитывает ряд наблюдаемых особенностей геологического строения площади. Так, верхняя подтолща новогодненской толщи, под которой, по сути, подразумеваются отложения тоупугольегартской толщи, характеризуется как существенно вулканогенная, что противоречит принятой характеристике этой толщи [Прямоносков, 1994ф], в которой отмечается полное отсутствие вулканогенных образований. Туфоосадочные фации вновь выделяемой верхней подтолщи резко отличаются по химизму (субщелочной состав с вариациями от трахибазальтов до трахиандезитобазальтов) от вулканитов нижней и верхней подтолщ (высокоглиноземистые базальты нормального ряда) [Черняев, 2005ф], что указывает на их принадлежность, вероятнее

всего, к кевсоимской толще. Кроме того, породы тоупугольегартской толщи не прорываются интрузивами ранне-среднедевонского собского комплекса и не затрагиваются скарнированием, а породы на месторождении Новогоднее-Монто, относимые в предложенной схеме к верхней подтолще новогодненской толщи, интенсивно изменены и трудно диагностируемы.

С точки зрения автора, поддержанной другими специалистами ЦНИГРИ [Волчков, 2005ф], в условиях блоковой структуры рудного поля и месторождений, столь существенное изменение устоявшейся стратиграфической схемы не целесообразно, поскольку новая схема стратиграфического расчленения не вносит заметных корректив в представления о структуре рудного узла и рудных полей в его пределах. В связи с этим, в дальнейшем изложении автором используется устоявшаяся схема расчленения стратифицированных палеозойских образований, принятая в Серийной легенде Полярно-Уральской серии листов ГГК-200 второго поколения (1999, 2009).

**Мезозойско-кайнозойские отложения (MZ–KZ).** Мезозойские образования, перекрывающие южную часть площади узла, представлены лагунными угленосными осадками ранней – средней юры и морскими осадками средней юры – нижнего мела с развитием в основании разреза площадной глинистой коры выветривания триас-юрского возраста. Четвертичные образования перекрывают всю территорию и представлены различными генетическими типами: аллювиальными, озерно-аллювиальными, ледниково-морскими, ледниковыми и флювиогляциальными (ханмейского покровного и полярно-уральского горно-долинного оледенений), склоновыми (коллювиальными, делювиальными, солифлюкционными), элювиальными и озерно-био-генными отложениями. В связи со слаборасчлененным тундровым рельефом и широким распространением чехла рыхлых отложений, обнаженность в пределах узла практически отсутствует.

### **Интрузивные образования**

В пределах рассматриваемого сегмента Малоуральского ВПП широким распространением пользуются многофазные плутоны габбро-диорит-кварцдиорит-тоналитового состава и мелкие тела гипабиссального уровня становления. Многочисленные интрузивные тела, проявленные в пределах Тоупугол-Ханмейшорского рудного узла, объединены в три интрузивных комплекса. На основе собственных данных и по результатам работ других исследователей автором используется следующее разделение интрузивных образований.

Значительная (особенно периферическая) часть Тоупугол-Ханмейшорского рудного узла занята образованиями главных фаз **собского габбро-кварцдиорит-тоналитового интрузивного комплекса** (D<sub>1s</sub>) (см. Рисунок 1.3). Образования комплекса представлены здесь северо-восточным окончанием крупного (шириной более 14 км и протяженностью более 250 км) многофазного интрузива «Собского плутона», протягивающегося вдоль всего Малоуральского ВПП (см. Рисунок 1.1). По принятой схеме [«Легенда ...», 1999 (2009); Прямоносков, 2004ф], в составе комплекса выделяется три фазы внедрения.

Породы первой фазы составляют пироксен-роговообманковые габбро и кварцсодержащие габбро, распространение в южном обрамлении узла.

Ко второй (наиболее распространенной) фазе внедрения комплекса относятся низкокалийевые гранитоиды умеренно-кислого состава — равномернозернистые и порфировидные роговообманковые габбродииориты, диориты, кварцевые диориты, тоналиты, редко плагиограниты (Рисунок 1.8).

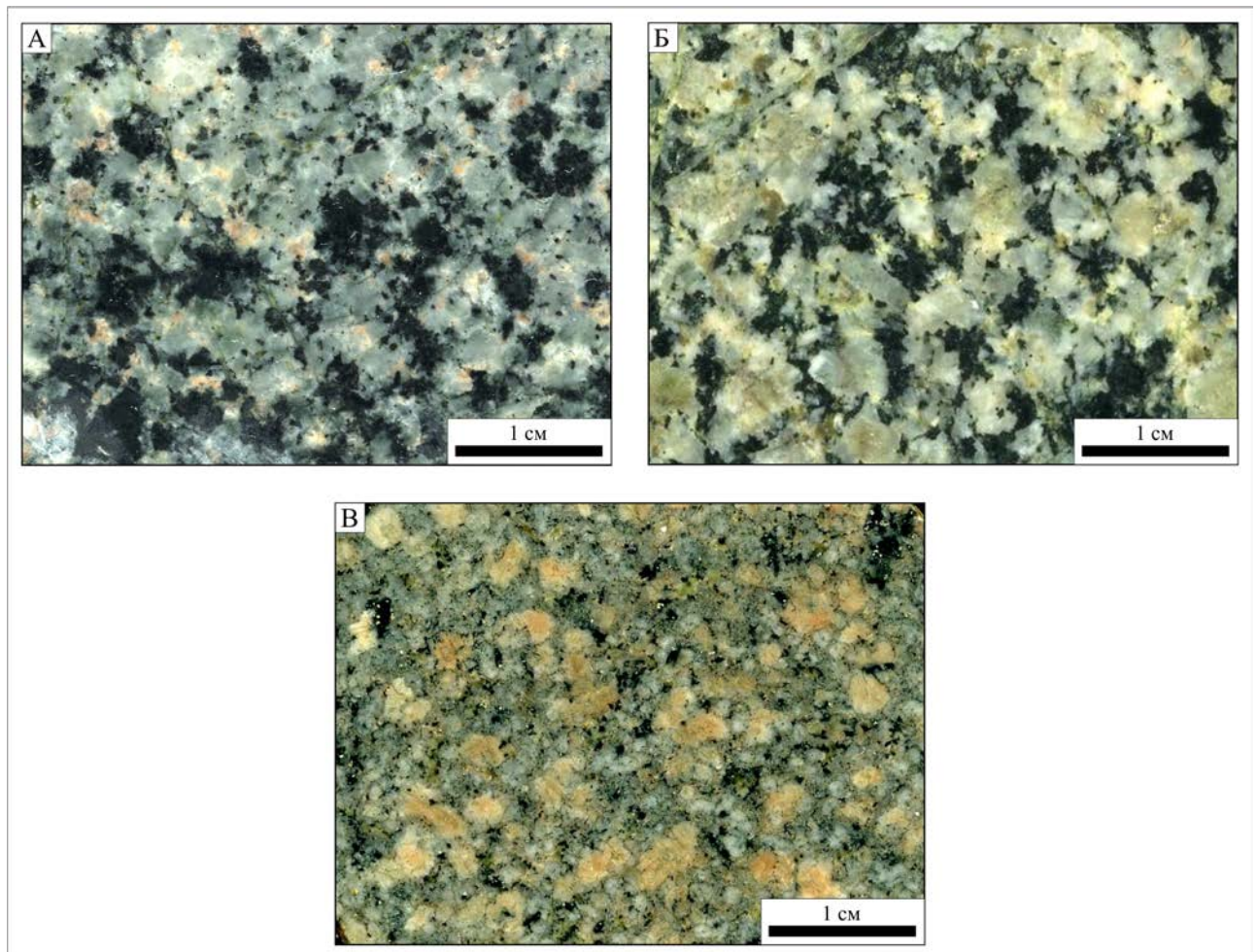


Рисунок 1.8 — Породы собского интрузивного комплекса (спилы образцов из коллекции автора): А — кварцевый диорит роговообманковый, Б — тоналит (плагиогранодиорит) роговообманковый, В — диорит-порфирит альбитизированный

Третья фаза комплекса представлена гипабиссальными малыми интрузиями и дайками диорит- и кварцевых диорит-порфиритов, редко — тоналит-порфиров, жилами плагиогранит-порфиров и плагиоаплитов. Как правило, дайки существенно метасоматически изменены, тем не менее, минералого-петрографические исследования автора совместно с другими специалистами ЦНИГРИ показали, что по минеральному составу они не отличаются от абиссальных аналогов второй фазы [Волчков, 2001ф]. Именно с этапом становления гипабиссальной (порфировой) фазы собского комплекса автором и большинством исследователей связывается формирование



золотого оруденения Тоупугол-Ханмейшорского рудного узла, а также золотых и меднопорфировых проявлений более южных районов Малоуральского ВПП. Наличие гипабиссальных интрузий и даек является крайне важным критерием потенциальной рудоносности при проведении прогнозно-поисковых работ на золотое оруденение в различных частях рассматриваемого пояса.

Для всех разновидностей пород собского комплекса характерен существенно плагиоклазовый состав светлых минералов; среди темноцветных минералов резко преобладает роговая обманка над биотитом, пироксен практически полностью отсутствует. Породы основных фаз характеризуются высокими содержаниями глинозёма (16 – 17 %) и CaO (около 6 %) и крайне низким содержанием K<sub>2</sub>O (0,9 – 1,3 %) (Рисунок 1.9); содержание Na<sub>2</sub>O колеблется в диапазоне 3,3 – 4,5 % [Андреев, 2001<sup>1</sup>]. Е.В. Черняевым [Черняев, 2005ф] породы собского комплекса отнесены к высокоглиноземистым образованиям нормального ряда с Na и K–Na типом щелочности. На представленных диаграммах (Рисунок 1.9) тренд пород собского комплекса лежит практически на границе толеитовых и известково-щелочных серий и значительно отличается по количеству калия и суммы щелочей от пород ауэрбаховского комплекса Северного Урала, с которым его сравнивает ряд исследователей.

Породы собского комплекса наряду с вулканогенно-осадочными образованиями тоупугольской толщи составляют главную продуктивную на золото и сопутствующие металлы ВПА Малоуральского ВПП (по представлениям автора по аналогии с продуктивными ВПА других ВПП Урала [Кривцов, 1999]).

Абсолютный возраст главных фаз собского комплекса, определенный многими исследователями в разных районах его развития K–Ar и Rb–Sr методами, оценивается в достаточно компактном диапазоне 400 – 408 млн лет (D<sub>1</sub> — пражский–эмский века) [Прямоносков, 1994ф, 2004ф; Удоратина, 2007; Душин, 2014 и др.], что позволяет однозначно принимать эти данные. По геологическим соотношениям, установленным за пределами Тоупугол-Ханмейшорского рудного узла, существует мнение [Прямоносков, 2004ф], что порфировидные и порфировые дайкообразные тела и дайки, относимые к третьей фазе собского комплекса, могут иметь ранне-среднедевонский возраст и даже могут рассматриваться в качестве самостоятельного гипабиссального интрузивного комплекса.

Интрузивные образования более позднего *конгорского габбро-монцодиорит-порфировидного комплекса* (D<sub>2-3kn</sub>) в пределах рудного узла представлены малыми интрузиями и дайками умеренно щелочного петрохимического типа гипабиссального облика.

Наиболее крупные тела расположены в юго-восточной части узла (см. Рисунок 1.3), где представлены силлообразным телом субщелочных порфировидных габбро-долеритов ранней фазы, которое частично перекрывает рудные тела месторождения Новогоднее-Монто, и штоком монцодиорит-порфировидных. Более распространены дайки монцонит- и монцодиорит-порфировидных.

которые спорадически выявлялись поверхностными горными выработками и скважинами в разных частях узла (Рисунок 1.10). Наибольшая их концентрация характерна для северного фланга месторождений Новогоднее-Монто и Петропавловское, где они образуют близкий к субширотному дайковый пояс протяженностью около 1,5 км.

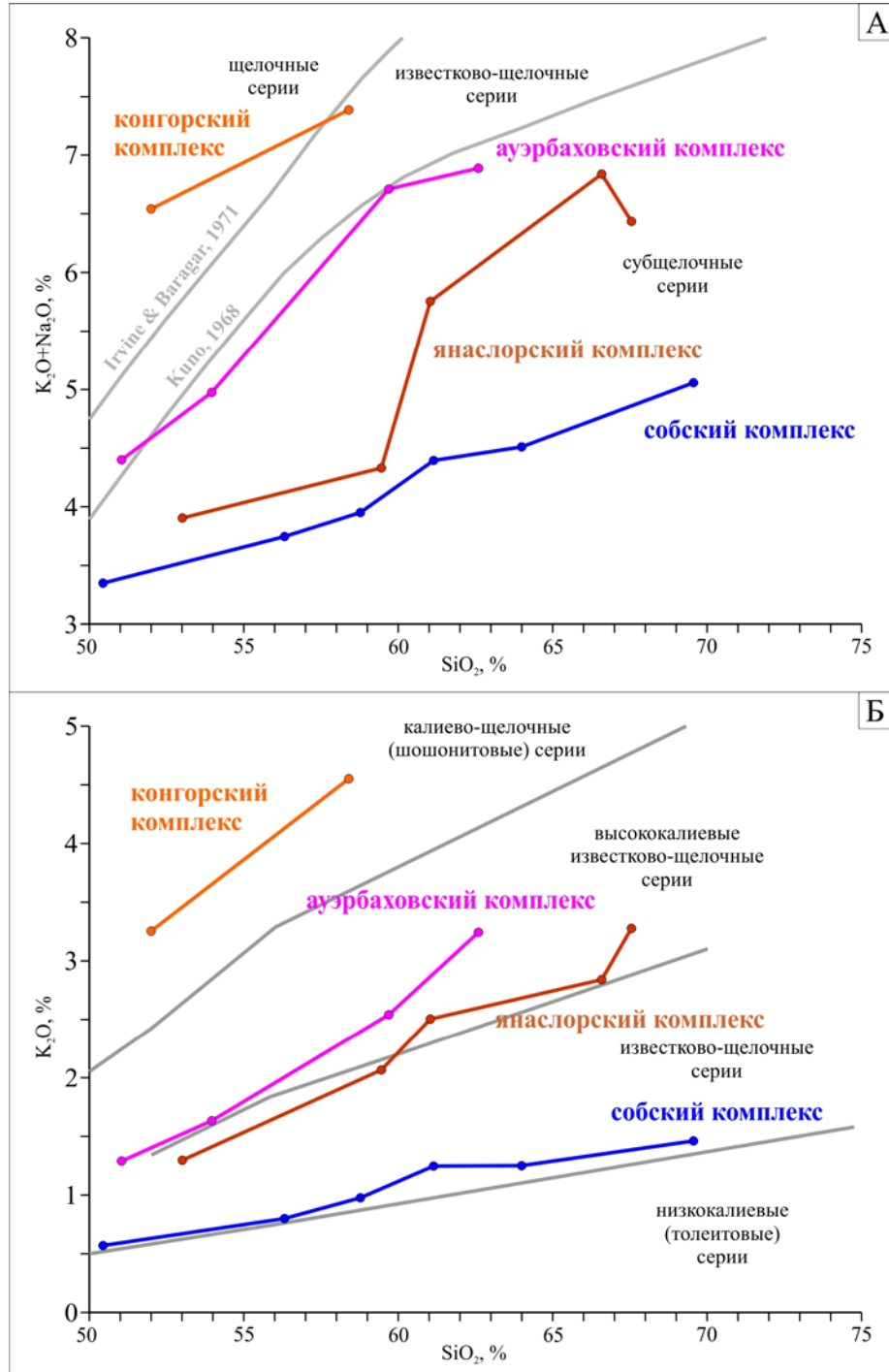


Рисунок 1.9 — Тренды петрохимических составов пород интрузивных комплексов Малоуральского (собский (D<sub>1</sub>), конгорский (D<sub>2-3</sub>), янаслорский (D<sub>3</sub>)) и Ауэрбаховского (ауэрбаховский (D<sub>1-2</sub>)) ВПП: А — на диаграмме  $(K_2O+Na_2O)/SiO_2$ , Б — на диаграмме  $K_2O/SiO_2$  (границы серий по Piccirillo & Taylor, 1976) (составлено автором по собственным материалам [Волчков, 2001ф, 2005ф, 2007ф], с дополнениями)

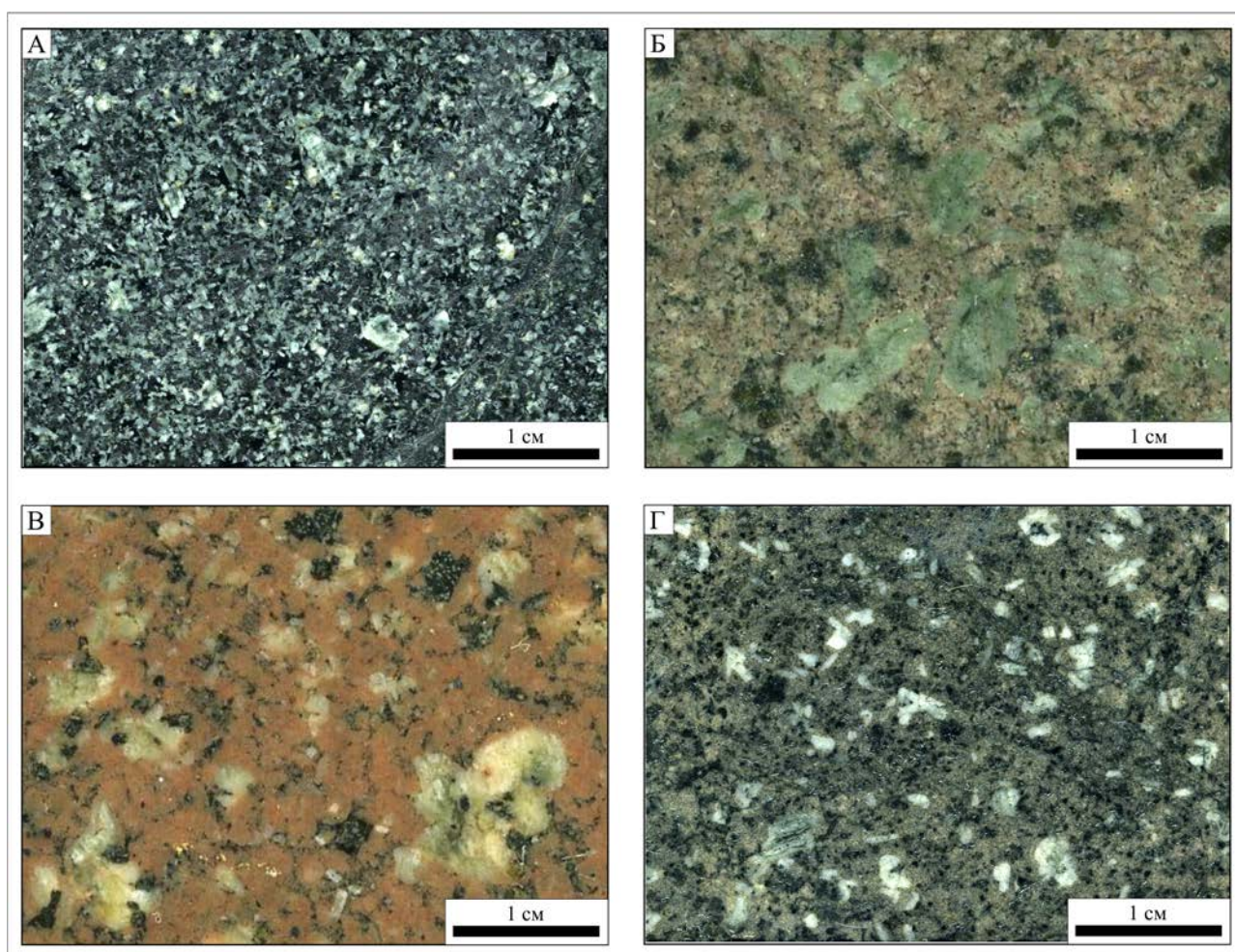


Рисунок 1.10 — Породы собского интрузивного комплекса (спилы образцов из коллекции автора): А — габбро-долерит пироксеновый порфировидный, Б — монцодиорит-порфирит пироксен-роговообманковый, В — то же, сферолитовый, Г — то же, кварцсодержащий

Габбро и монцонитоиды конгорского комплекса обладают специфическими минералогическими особенностями, отличающими их от пород собского комплекса. В них повсеместно устанавливается высокое содержание пироксена (около 10 %) и повышенное — калиевого полевого шпата (до 15 % в монцодиоритах). Соответственно, в составе пород комплекса существенна доля  $K_2O$  (до 1,5 % в габбро и 3,0 – 3,5 % в монцодиоритах) при относительно пониженном (14 – 15 %) содержании глинозёма [Андреев, 2001<sup>1</sup>]. При содержании  $SiO_2$  в монцонитоидах 57 – 59 %, общая щелочность ( $K_2O + Na_2O$ ) составляют 7 – 8,5 %, а соотношение  $K_2O$  и  $Na_2O$  близко к единице (см. Рисунок 1.9). Таким образом, они относятся к высокоглиноземистым породам щелочного ряда с К–Na типом щелочности [Волчков, 2001ф, 2005ф].

Породы конгорского комплекса и, крайне ограниченные по распространению в пределах рудного узла, вулканогенно-осадочные образования кевсоимской толщи, вероятно, составляют единую ВПА раннеконтинентальной стадии развития Малоуральского ВПП (по аналогии со сходными по составу ВПА других ВПП Урала [Кривцов, 1999]).

Если принадлежность монцонитоидов к конгорскому комплексу не вызывает ни у кого сомнений, то по поводу массива субщелочных габбро-долеритов существуют различные мнения. В схемах интрузивного магматизма рудного узла, представленных А.П. Прямоносовым [Прямоносов, 2004ф] и Е.В. Черняевым [Черняев, 2005ф], массив отнесен к малоханмейскому комплексу, причем в первой из названных работ этот комплекс рассматривает как доконгорский, а во второй — как послеконгорский — раннемезозойский. Специалисты ЦНИГРИ и автор считают, что порфировидные габбро, слагающие силлообразный массив, следует относить к ранним фазам конгорского комплекса на основании имеющихся геологических взаимоотношений (габбро прорываются дайками монцодиорит-порфиритов) и петрологического и петрохимического сходства их с монцонитоидами [Андреев, 2001<sup>1</sup>].

Вследствие неоднозначности выделения комплекса в пределах разных районов Малоуральского ВПП его возраст у разных авторов варьирует от позднего девона до раннего-среднего карбона. В Объяснительной записке к ГГК-1000, лист Q-42 [Зылёва, 2014] приводится разброс возрастов конгорского комплекса 363 – 380 млн лет (D<sub>3</sub>) по данным В.Л. Андреичева и др. [Андреичев, 2000] и др. По данным А.П. Прямоносова [Прямоносов, 2004ф] возраст комплекса гораздо моложе и составляет 310 – 342 млн лет (карбон) (K–Ar датировка).

Для уточнения такой неоднозначности в возрасте конгорского комплекса автором проведено собственное определение возраста монцодиорит-порфиритов с северного фланга месторождения Новогоднее-Монто (выполнено Rb–Sr методом в ГЕОХИ РАН проф. Ю.А. Костицыным по образцам из коллекции автора), который составил  $382 \pm 11$  млн лет (Таблица 1.1, Рисунок 1.11) [Волчков, 2005ф]. Позднее, близкий возраст комплекса был получен по крупному массиву, располагающемуся южнее Тоупугол-Ханмейшорского рудного узла [Прямоносов, 2010] и составил  $384 \pm 5,8$  млн лет (U–Pb датировка). Таким образом, возраст конгорского комплекса автором принимается как граница среднего и позднего девона (D<sub>2-3</sub>).

Металлогеническая специализация конгорского комплекса не ясна. Как и с возрастными датировками, тут много различных противоречивых мнений. По мнению ряда исследователей [Прямоносов, 2004ф; Черняев, 2005ф, Терентьев, 2012ф], именно с внедрением монцонитоидных порфировых даек (как наиболее поздних гранитоидов) может быть сопряжено золотое оруденение месторождений Новогоднее-Монто и Петропавловское, и соответственно других золоторудных проявлений Тоупугол-Ханмейшорского рудного узла и Малоуральского ВПП (на начальной стадии изучения месторождения Новогоднее-Монто такой теории придерживался и автор [Андреев, 2001<sup>1</sup>]). Однако, после детальных буровых работ на месторождениях Новогоднее-Монто и Петропавловское, а также на рудопроявлениях Тоупугол-Ханмейшорского рудного узла, по видимым геологическим взаимоотношениям (Рисунок 1.12), было установлено, что образования конгорского комплекса имеют выраженный пострудный характер.

Таблица 1.1 — Результаты определения изотопного состава стронция и концентраций Rb и Sr в минеральных фракциях образца монцодиорит-порфирита конгорского комплекса (по материалам исследований автора [Волчков, 2005ф])

| Фракция                                  | Rb, ppm | Sr, ppm | $^{87}\text{Rb}/^{86}\text{Sr}$ | $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$ |
|------------------------------------------|---------|---------|---------------------------------|---------------------------------|
| Вал                                      | 68,4    | 643,6   | 0,3076                          | 0,705402                        |
| Розовый K-Na полевой шпат основной массы | 100,0   | 505,6   | 0,5720                          | 0,706822                        |
| Зеленый плагиоклаз вкрапленников         | 30,6    | 893,5   | 0,0992                          | 0,704273                        |
| Пироксен вкрапленников                   | 2,1     | 592,3   | 0,0105                          | 0,703755                        |

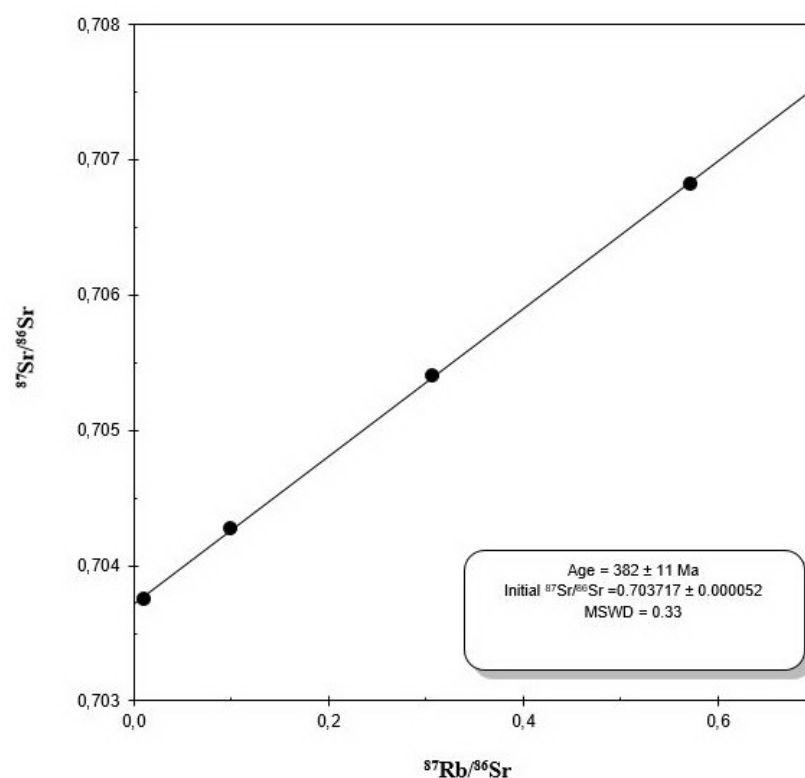


Рисунок 1.11 — Изохрона для минеральных фракций монцодиорит-порфирита конгорского комплекса (по материалам исследований автора [Волчков, 2005ф])

По мнению автора, на этапе внедрения интрузивов конгорского комплекса процессы рудообразования не проявлялись, и на площади узла не известно заметных концентраций рудного вещества в связи с этими интрузиями. Достоверно относимые к конгорскому комплексу мелкие массивы монцонитоидов в южных районах Малоуральского ВПП (в том числе исследованные автором [Волчков, 2007ф]) также не сопровождаются оруденением. Стоит отметить, что дайки сходного состава в пределах Северного Урала (Именновский и Краснотурьинский ВПП) также не несут признаков продуктивной минерализации (по материалам геологосъемочных работ м-ба 1:50 000 Н.С. Лисова и Ю.С. Каретина, проанализированных автором вне задач, связанных с диссертационной работой).





Рисунок 1.12 — Контакт дайки монцодиорит-порфиров конгорского комплекса (справа) с вулканитами тоупугольской свиты (слева) в полотне канавы на северном фланге месторождения Новогоднее-Монто (фото автора)

Кроме образований двух ведущих интрузивных комплексов, в пределах рудного узла повсеместно распространены *дайки габбро-диабазов, диабазов и лампрофиров* (Рисунок 1.13). Рассматриваемые дайки прорывают все стратифицированные и интрузивные палеозойские породы, а также минерализованные зоны с золотым оруденением. Они ориентированы преимущественно в северо-западном, северо-восточном и восток-северо-восточном направлениях. Мощность даек варьирует от десятых долей метров до первых метров.

Принадлежность отдельных даек основного состава к какому-либо комплексу достоверно определить не представляется возможным, вместе с тем, по наблюдаемым геологическим взаимоотношениям, автор не исключает, что среди них могут быть внутрирудные и пострудные разности. К внутрирудным (либо близпострудным) диабазовым дайкам можно отнести интенсивно метасоматически измененные и тектонически раздробленные дайки, фиксирующиеся в пределах зон золотоносных березитоподобных метасоматитов месторождений Новогоднее-Монто и Петропавловское. Эти дайки могут принадлежать поздней фазе внедрения собского комплекса. Вместе с этим, в пределах месторождений и на их периферии присутствуют многочисленные «свежие» дайки диабазов с явно выраженными секущими взаимоотношениями как с неизмененными породами (в том числе известняками самой молодой тоупугольегартской толщи на контакте с которыми имеют зоны закалки), так и с золоторудными телами месторождений.



Химический состав большинства диабазовых дайковых тел соответствует габбро нормального калиево-натриевого ряда с преобладанием натрия над калием, высокой титанистостью и низкой глиноземистостью. Лампрофиры, имеющие преимущественно субширотную ориентировку, относимые Е.В. Черняевым [Черняев, 2005ф] к этому же комплексу, отличаются сочетанием низкой кремнекислотности и высокой щелочности ( $\text{SiO}_2$  — 47 – 49 %,  $\text{Na}_2\text{O} + \text{K}_2\text{O}$  — 4 – 7 %). Они относятся к умеренно щелочным габброидам калиево-натриевого типа с заметно возросшей ролью калиевой щелочности.

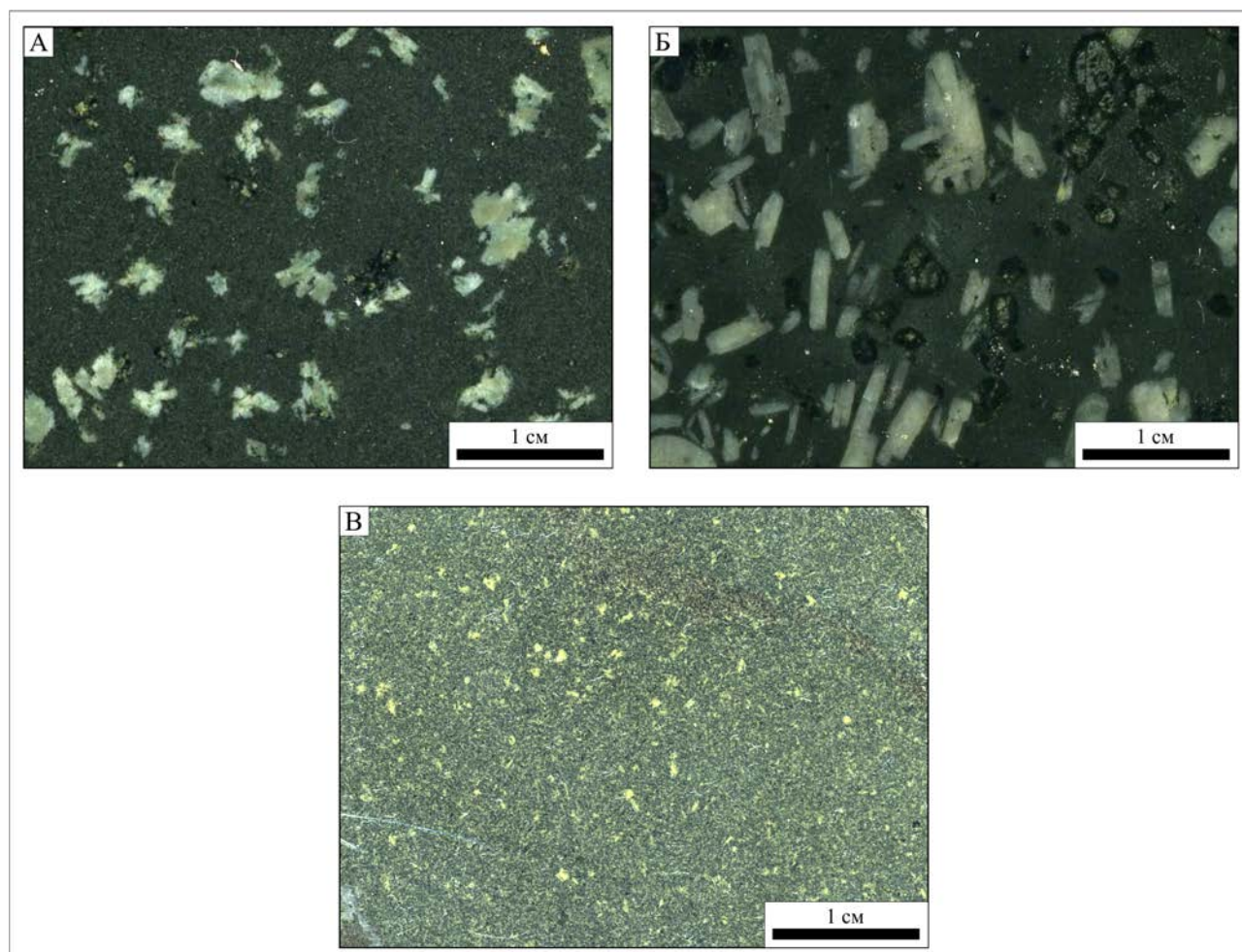


Рисунок 1.13 — Дайки основного состава (малоханмейский интрузивный комплекс) (спилы образцов из коллекции автора): А, Б — диабаз порфировый пироксен-плагиоклазовый «свежий», В — диабаз микропофировый пропилитизированный

По данным разных авторов возраст даек основного состава колеблется от позднего девона [«Легенда ...», 1999] до пермо-триаса [Душин, 1999]. Вслед за В.А. Душиным и др. [Душин, 1999; 2010] и другими исследователями, большинство явно пострудных даек диабазов можно рассматривать в составе *малоханмейского (мусюрского) габбро-диабазового комплекса автономных субвулканических тел* с возрастом  $P_3$ – $T_1$ , который является отражением постскладчатой тектономагматической активизации, произошедшей на Урале в пермо-триасовое время.

Рассмотрев стратифицированные и интрузивные образования Тоупугол-Ханмейшорского рудного узла, с учетом современных представлений о геотектоническом развитии территории Северного и Полярного Урала [Язева, 1984; Кривцов, 1999; Курбанов, 2005 и др.], автором выделяется следующий последовательный ряд геологических формаций, определяющих эволюцию развития территории Тоупугол-Ханмейшорского рудного узла и в целом Малоуральского ВПП:

- недифференцированная базальтовая формация океанического комплекса ордовика – силура (соколинская толща);
- флишевая формация раннего силура (отложения ханмейшорской толщи);
- габбро-кварцдиорит-тоналитовая плутоногенная формация (собский интрузивный комплекс) и комагматичная ей базальт-андезитобазальтовая вулканогенная формация (тоупугольская толща), формирующие продуктивную в отношении золотого оруденения вулканоплутоническую ассоциацию (ВПА) силурийско-раннедевонской островодужной стадии развития Малоуральского ВПП;
- габбро-монцодиоритовая формация (конгорский интрузивный комплекс) и, вероятно, комагматичная ей трахибазальт-трахидацитовая кевсоимская толща, составляющие ВПА раннеконтинентального средне-позднедевонского этапа развития ВПП;
- терригенно-карбонатная формация (тоупугольегартская свита) позднедевонского возраста, сформированная на стадии полного затухания магматической деятельности;
- продукты пермско-триасовой, а возможно также позднедевонской активизации (диабазы и лампрофиры малоханмейского комплекса).

### 1.2.3. Сходства и различия строения Малоуральского ВПП со строением ВПП Северного, Среднего и Южного Урала

Установленная автором последовательность геологических формаций Тоупугол-Ханмейшорского рудного узла, характерная для всего Малоуральского ВПП, близка к последовательности формаций, слагающих ряд других ВПП восточного склона Урала, собственно, как близка и их металлогения. Особенности, проявившиеся в развитии конкретных поясов, напрямую влияют как на ведущие типы связанного с ними оруденения, так и на их продуктивность [Кривцов, 1999].

Как было уже отмечено, Малоуральский ВПП некоторыми исследователями сравнивается с Ауэрбаховским ВПП [Язева, 1984; Курбанов, 2005]. Вместе с тем, отсутствие, либо крайне незначительное развитие собственно андезитоидной ВПА в пределах Малоуральского ВПП, по мнению автора, указывает на то, что более близким по набору геологических формаций к Малоуральскому ВПП является Именновский ВПП Северного Урала, а Ауэрбаховский ВПП представляется более сложным по строению, длительности и стадийности развития (Рисунок 1.14).

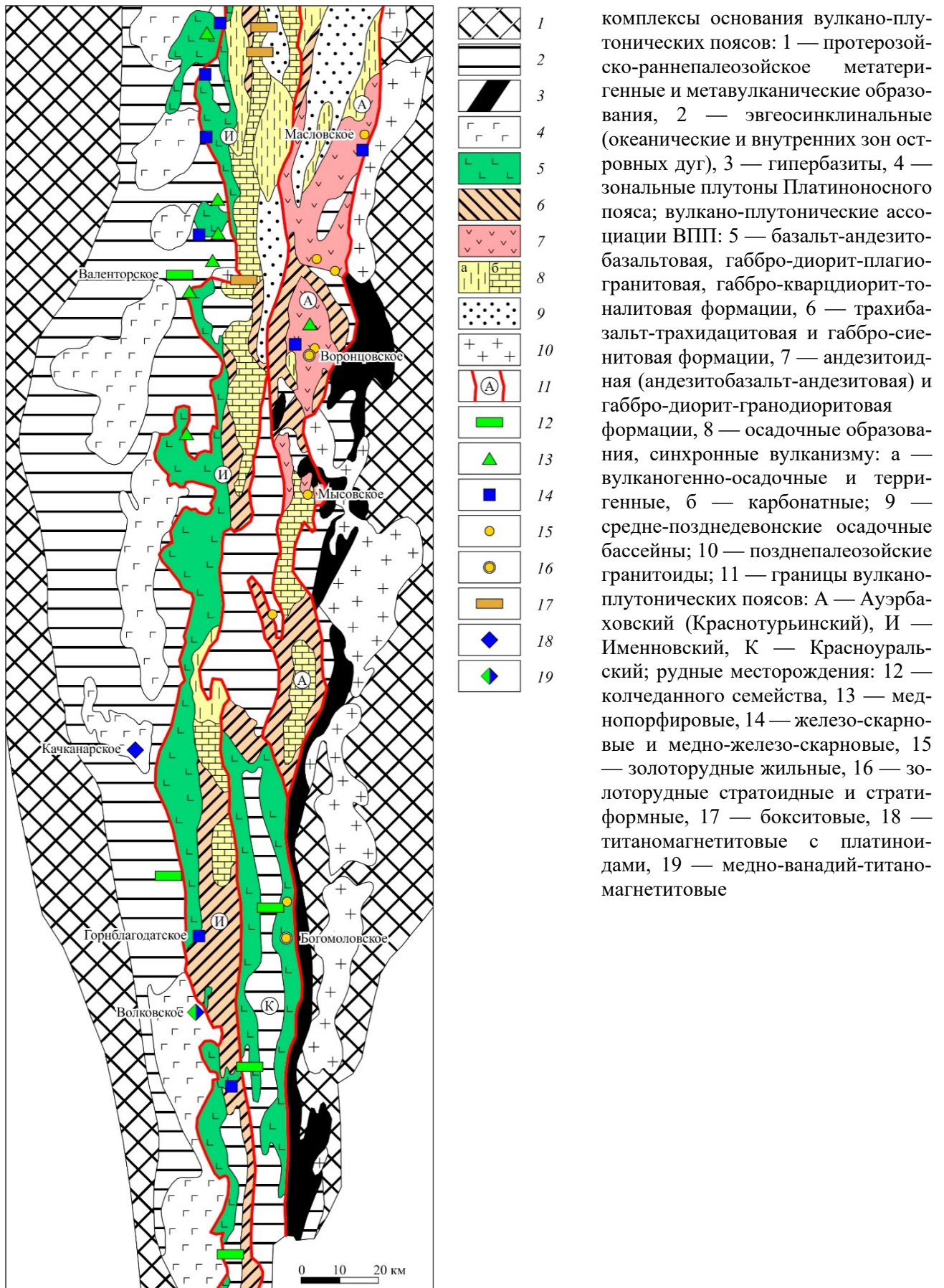


Рисунок 1.14 — Геотектоническая позиция и строение Средне- и Северо-Уральских вулканоплутонических поясов (по А.И. Кривцову и О.В. Мининой [Кривцов, 1999])

Учитывая сложившееся противоречие, следует кратко рассмотреть геологическое строение упомянутых северо- и среднеуральских ВПП и их металлогению с целью демонстрации сходств и различий между ними и Малоуральским ВПП.

Как показано в обобщающей работе по вулcano-плутоническим поясам А.И. Кривцова и И.Ф. Мигачева [Кривцов, 1997, 1999] вулcano-плутонические пояса (ВПП) Уральской складчатой системы (УСС) определяются как ареалы развития двух различных вулcano-плутонических ассоциаций (ВПА) — базальтоидной и андезитоидной.

Данные пояса сложены тремя пространственно-временными рядами (вулcano-плутоническими ассоциациями), в разной степени проявленными в пределах конкретных ВПП. В первой из этих ВПА преобладают вулканы базальт-андезитобазальтовой и плутониты габбро-диорит-плагиогранитной (или габбро-кварцдиорит-тоналитовой) формаций, которые завершают ранние вулканогенные формационные ряды (однородная океаническая, контрастная и непрерывная раннеостроводужные) и надстраивает их разрезы. В районах отсутствия (выпадения) контрастной и непрерывной формаций базальтоидная ВПА располагается на породах недифференцированной формации (что наблюдается в пределах Малоуральского ВПП).

Вулканы базальт-андезитобазальтовой формации слагают протяженные вулканические гряды, сходные по позиции и строению с барьерными зонами островных дуг. Соответственно, данная формация в УСС относится к островодужной как по режиму становления, так и по палеогеодинамической позиции. Тем самым, рассматриваемая ВПА завершает собственно океанический режим развития наступлением островодужных обстановок.

Поздняя андезитоидная ВПА (андезитовая или андезитобазальт-андезитовая вулканогенные и габбро-диорит-гранодиоритовая плутоногенная формации) образует протяженные ВПП на востоке УСС и в зауральских структурах (на территории Казахстана). Андезитоидные ВПА обладают относительной автономностью формирования, располагаясь на комплексах основания различного состава и возраста. Такие ВПП пространственно и во времени сопряжены по латерали с зонами собственно океанического вулканизма, располагаясь на плечах соответствующих прогибов и в их прибортовых частях. Тем самым, андезитоидные ВПП формируются позже базальтоидных в «орогенно-активизационном» режиме и могут рассматриваться как активизационные. Вместе с тем, ряд исследователей [Контарь, 1997; Пучков, 1993; Язева, 1990] относят формирование андезитоидных ВПП к коллизионной стадии.

Промежуточную позицию между базальтоидной и андезитоидной ВПА по положению в пространственно-временных рядах занимает ВПА объединяющая базальт-трахитовую вулканогенную и габбро-сиенитовую (или габбро-монцодиоритовую) плутоногенную формации [Кривцов, 1997, 1999]. Многими исследователями УСС подчеркивается специфичность этой ВПА, обособленные пояса которой на Среднем и Северном Урале, а также на востоке Магнитогорского

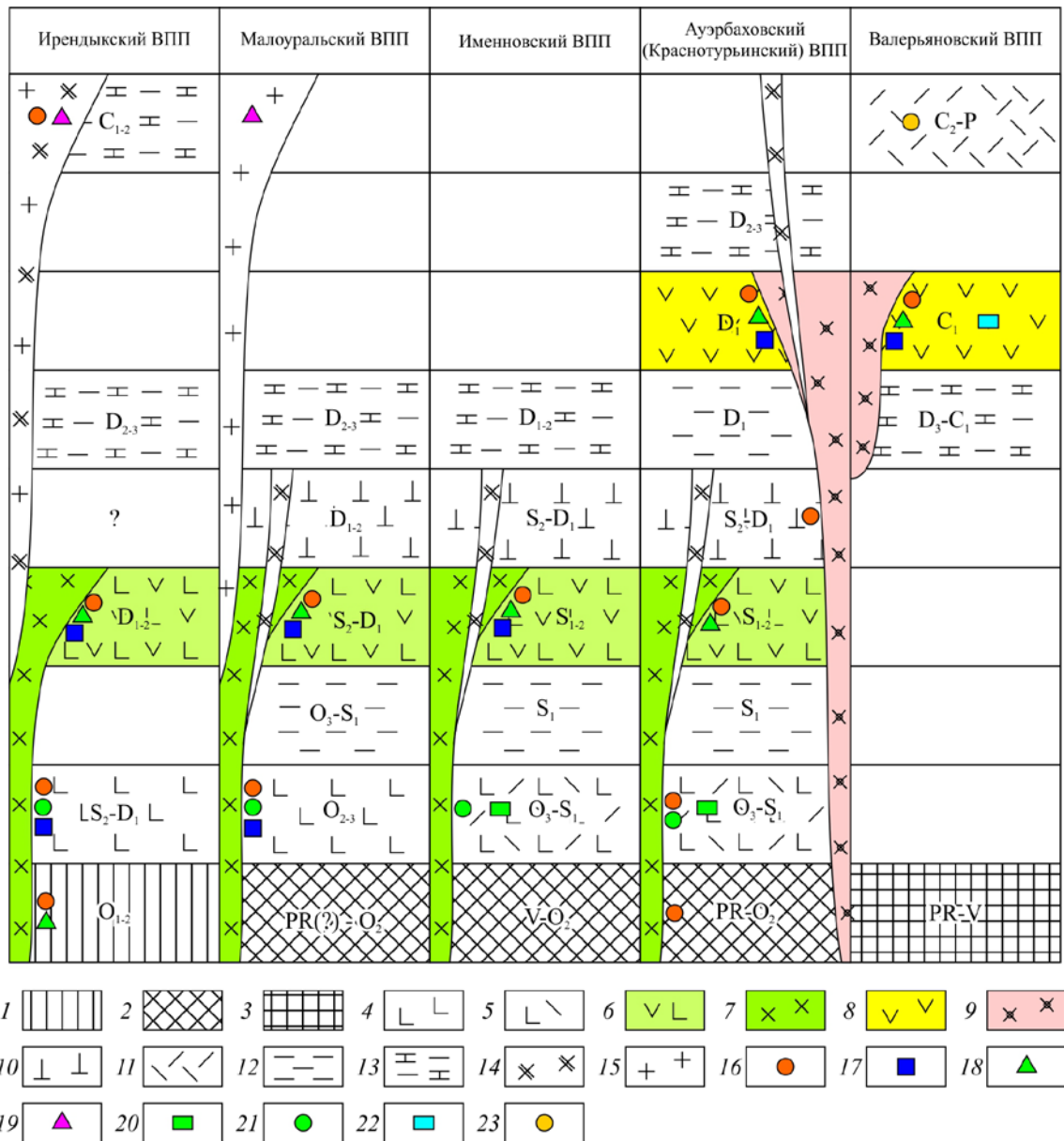


прогиба формируются после базальтоидных ВПП как на их комплексах, так и на более древних образованиях. По своим петрохимическим характеристикам эта ассоциация принципиально отличается от комплексов, слагающих ВПП базальтоидного и андезитоидного типа и считается показателем «континентализации» [Контарь, 1997].

Для примера можно рассмотреть строение и металлогению Именновского и Краснотурьинского (Ауэрбаховского) поясов Среднего – Северного Урала и Ирэндыйский ВПП Южного Урала. Для всех рассматриваемых поясов характерно наличие в основании базальт-андезитобазальтовой вулканогенной и габбро-диорит-плагиогранитовой (или габбро-кварцдиорит-тоналитовой) плутогенной формаций (для Ауэрбаховского пояса имеет ограниченное развитие), отражающих стадию развития базальтоидной (островодужной) ВПА, и второй по положению в этих рядах ВПА, объединяющей базальт-трахитовую (терригенно-карбонатно-трахибазальт-трахитовую) и габбро-сиенитовую (или габбро-монцодиоритовую) формации, которая считается либо поздне- и постостроводужной, либо является маркером «континентализации» (субплатформенного или раннеконтинентального режима). Наиболее поздняя в пространственно-временных рядах развития поясов — андезитоидная ВПА (андезитовая вулканогенная и габбро-диорит-гранодиоритовая плутогенная формации) характерна из рассматриваемых только для Ауэрбаховского ВПП; эта ассоциация отражает активизационную или коллизионную стадию его развития [Кривцов, 1999] (Рисунок 1.15).

Учитывая сходное строение всех упомянутых ВПП, по крайней мере нижних их этажей, очевидны сходства и их металлогении (см. Рисунок 1.15). Основываясь на той же обобщающей работе А.И. Кривцова и И.Ф. Мигачева, можно отметить, что для базальтоидных островодужных ВПА характерны скарново-магнетитовые (медно-магнетитовые) месторождения, проявления золото-меднопорфировых и золото-сульфидных руд. При этом для Именновского и Ауэрбаховского ВПП железорудная специализация базальтоидной ВПА является ведущей, а для более южного Ирэндыйского ВПП, уже доминирующими становятся золото-меднопорфировые руды. Вероятно, данный факт связан с более эродированной структурой Ирэндыйского ВПП, вместе с тем он так же косвенно подтверждает то, что для оруденения в вулcano-плутонических поясах восточного склона Урала характерен «порфировый стиль» [Кривцов, 1997] — обособление рудного вещества в штокверково-прожилковых зонах с широким развитием вкрапленности. В связи с базальтоидной ВПА Малоуральского ВПП связан сходный набор месторождений и проявлений: золото-(медно)-железо-скарнового, золото-порфирового (золото-сульфидного в связи с порфировыми интрузиями), золото-сульфидно-кварцевого, (золото-молибден)-меднопорфирового (преимущественно для южной части пояса) типов.





субстрат ВПП: 1 — фемический (габбро-гипербазитовый), 2 — сиалофемический (сочетание участков габбро-гипербазитового и кристалло-сланцевого фундамента), 3 — сиалический (кристалло-сланцевый); формации основания базальтоидных ВПП: 4 — недеференцированные или слабодифференцированные базальтовые иногда андезитсодержащие, 5 — дифференцированные базальт-риолитовые колчеданосные; **формации ВПА базальтоидных ВПП**: 6 — базальт-андезитобазальтовая, андезитобазальтовая иногда дацитсодержащие с существенной долей туфогенной и карбонатной составляющей, 7 — габбро-диорит-плагиогранитовая, габбро-кварцдиорит-тоналитовая продуктивные на золотое, медное и железное оруденение; **формации ВПА андезитовидных ВПП**: 8 — андезитовая, андезит-дацитовая с существенной долей туфогенной и карбонатной составляющей, 9 — адамелит-гранодиоритовая, габбро-диорит-гранодиоритовая продуктивные на золотое, медное и железное оруденение; перекрывающие и прорывающие формации: 10 — трахибазальт-трахиандезитовая, трахибазальт-трахидацитовая субконтинентальной стадии развития поясов, 11 — дацит-риолитовая, 12 — флишевая вулканомиктовая, 13 — флишеидно-терригенно-карбонатная, 14 — габбро-монцодиоритовая, габбро-сиенитовая, 15 — гранитовая продуктивная на молибденпорфировое и золотое оруденение; рудопроявления и месторождения: 16 — золото-кварцевые и золото-сульфидно-кварцевые, 17 — золото-скарновые, медно-скарновые и железо-скарновые золотосодержащие, 18 — меднопорфировые золотосодержащие, 19 — молибденпорфировые, 20 — медно-цинковоколчеданные золотосодержащие, 21 — стратиформные свинцово-цинковые, 22 — серебряные эпитермальные

Рисунок 1.15 — Схематические колонки, отражающие сходства и различия в строении и металлогении Малоуральского ВПП и других ВПП восточного склона УСС (составлено автором по собственным материалам [Волчков, 2005ф; Мигачев, 2016ф], материалам ГГК-200, А.И. Кривцова, [Кривцов, 1999], с дополнениями)

ВПА постостроводужно-раннеконтинентального типа не рассматривается в качестве продуктивной. Как правило, присутствие рудных скоплений в связи с интрузивами повышенной щелочности объясняется процессами унаследования (регенерации) рудного вещества из подстилающей базальтоидной ВПА [Кривцов, 1997].

С андезитоидной ВПА, слагающей верхний структурный этаж Ауэрбаховского ВПП, и еще более широко представленной восточнее (Валерьяновский ВПП), связывают наибольшее разнообразие продуктов рудогенеза [Кривцов, 1999], хотя, как и для базальтоидной ВПА, здесь ведущая роль принадлежит скарново-магнетитовым месторождениям, скарново-меднорудным, медно- и молибден-меднопорфировым. Кроме них широко проявлены стратоидные и стратиформные полиметаллические, жильные золото-сульфидные и жильные полиметаллические месторождения. Особое значение для Ауэрбаховского ВПП имеет Воронцовское месторождение золотых руд, слагающих тела комбинированной формы и обладающих рядом признаков полигенности (от сингенетичного рудонакопления — до регенерационного переотложения с привнесением рудного вещества) [Черемисин, 1997; Кривцов, 1999; Мурзин, 2010]. В пределах Малоуральского ВПП наличие андезитоидной ВПА достоверно к настоящему времени не подтверждено; не исключено, что такая высокопродуктивная ВПА может присутствовать в погруженной под мощный чехол Западно-Сибирской плиты восточной части этого пояса.

В целом, ведущие металлогенические характеристики ВПП восточного склона Урала определяются различными сочетаниями скарново-магнетитовых, меднопорфировых и золото-сульфидных месторождений, что, в частности, продемонстрировано на схеме (см. Рисунок 1.15). Различия в соотношении различных типов оруденения между поясами в основном объясняются в литературе составом субстрата ВПП и разными глубинами современного эрозионного среза.

Последовательность образования месторождений различных металлов и типов в ВПП Урала выглядит следующим образом [Кривцов, 1999]. Наиболее ранние по времени возникновения месторождения колчеданного семейства сменяются образованием скарново-магнетитовых (скарново-медно-магнетитовых) руд, вслед за которыми формируются меднопорфировые месторождения, завершают становление ВПА проявления серебряных руд. Более сложно положение во времени золоторудных месторождений; часть из них близка к периоду образования меднопорфировых руд, а часть — оказывается более ранней и сопряжена со скарновыми и даже колчеданными рудами.

Названный ряд последовательности формирования месторождений различных типов в ВПП Урала проявлены в разных его районах в различное время при частичном совмещении их в пространстве, что отражает миграцию по латерали соответствующих режимов развития поясов. Вследствие этого временные интервалы рудогенеза и рудоконтролирующие уровни, выявленные в какой-либо одной зоне, не могут быть экстраполированы на другие зоны [Кривцов, 1999]. Так,

по сравнению со Средним Уралом (Именновский ВПП) возраст соответствующих формаций Малоуральского ВПП несколько моложе. ВПА основного продуктивного «островодужного» этапа развития пояса в пределах Именновского ВПП имеет возраст  $S_{1-2}$  — вулканогенная составляющая (именновский вулканический комплекс) и  $S_2$  — плутогенная составляющая (северорудничный интрузивный комплекс); в пределах Малоуральского ВПП —  $S_2-D_1$  (тоупугольская толща или танъюская подсвета малоуральской свиты) и  $D_1$  (собский интрузивный комплекс). Перекрывающая и прорывающая субщелочная формация Именновского ВПП имеет возраст  $S_2-D_1$  (туринский вулканический комплекс и относимые к нему гипабиссальные интрузии габбро-сиенитового состава); в пределах Малоуральского ВПП вулканы этого этапа формирования ВПП имеют возраст  $D_{1-2}$  (кевсоимская толща или варчатинская подсвета малоуральской свиты), гипабиссальные габбро-монцодиоритовые интрузии (конгорский комплекс) —  $D_{2-3}$ . Пострудные дайковые тела основного состава (датируемые возрастами от девона до мезозоя) характерны для всех ВПП, в частности, их наибольшие концентрации сосредоточены именно в наиболее рудопродуктивных узлах — примером такой концентрации пострудных даек диабазов и андезитов является район Воронцовского золоторудного месторождения, где их возраст точно не определен (по ГГК-200 (лист О-41-І) он обозначен поздним девонem под вопросом).

Исходя из изложенного, по мнению автора, Малоуральский ВПП в своем строении и металлогении очень близок другим поясам восточного склона Урала. Наибольшее сходство наблюдается с Именновским и Ирэндькским ВПП, где проявлена базальтоидная продуктивная ВПА «островодужной стадии» развития. Ауэрбаховский же ВПП совмещает в себе как продуктивную базальтоидную ВПА (продуктивные на золото и медь интрузивы левинского или лобвинского комплекса), так и продуктивную андезитоидную (активизационную) ВПА (краснотурьинская свита и ауэрбаховский интрузивный комплекс), свойственную более восточным поясам Урала (Валерьяновский ВПП), тем самым обладает достаточно специфичной, разнообразной и продуктивной металлогенией. Отсутствие достоверных фактов наличия андезитоидной ВПА в пределах Малоуральского ВПП не позволяет пока рассчитывать на выявление золоторудных объектов типа Воронцовского месторождения. Несмотря на это, широкий спектр типов золоторудной минерализации установленный к настоящему времени в пределах Малоуральского ВПП в связи с базальтоидной ВПА, указывает на его значительный промышленный потенциал, рассмотрению чего будет уделено особое внимание в последующих главах диссертационной работы.

\* \* \*

Таким образом, изложенные основные черты геологического строения Тоупугол-Ханмейшорского рудного узла показывают, что рассматриваемая площадь соответствует магматиче-

скому узлу длительного геологического развития в пределах базальтоидного вулкано-плутонического пояса с полиформационным магматизмом и сложной блоковой тектоникой. Позиция узла определяется его приуроченностью к «провесу кровли» краевой части крупного батолитоподобного Собского интрузивного массива, возникшего в узле пересечения разнонаправленных зон региональных разрывных нарушений. В пределах узла совмещены продукты интрузивной габбро-кварцдиорит-тоналитовой ( $D_1$ ) и вулканогенной базальт-андезитобазальтовой ( $S_2-D_1$ ) формаций в составе основной продуктивной ВПА, а также габбро-монцодиоритовой ( $D_{2-3}$ ) и диабазовой ( $D_3-T?$ ) пострудных интрузивных формаций. Золотое оруденение Тоупугол-Ханмейшорского рудного узла может рассматриваться как продукт развития рудно-магматических систем разного ранга (узел – поле – месторождение) среднепалеозойского ВПП во многом сходной с другими ВПП восточного склона Урала, что определяет основные черты геологического строения и состава рудоносных образований объектов территории. Длительное развитие территории, полихронный и полиформационный магматизм (в том числе пострудный), как принято считать, являются положительными факторами, определяющими условия формирования промышленных рудных объектов и разнообразие их типов.

## ГЛАВА 2. НОВОГОДНЕНСКОЕ РУДНОЕ ПОЛЕ И ТИПЫ ЗОЛОТОГО ОРУДЕНЕНИЯ

В пределах Тоупугол-Ханмейшорского рудного узла по характеру концентрации проявлений золоторудной минерализации, структурным, геологическим и геохимическим особенностям автором оконтурены две площади в ранге рудных (потенциальных рудных) полей, разграниченные «безрудными» участками (на основе методических рекомендаций [«Пространственные ...», 2002; Вартанян, 2009ф]) (см. Рисунок 1.3): 1) Новогодненское рудное поле с золоторудными месторождениями Новогоднее-Монто ( $C_1 + C_2$  — 7 216 кг Au) и Петропавловское ( $C_1 + C_2$  — 12 286 кг Au), а так же рудопроявлениями Карьерное, Караченцева и Западное; 2) Ханмейшорское потенциально перспективное рудное поле с золоторудными проявлениями Тоупугольское, Аномальное и Ханмейшорское. Кроме того, на западе узла намечается Соколинское потенциальное рудное поле с несколькими пунктами минерализации золота и меди в базальтах и флишоидах допоясного этапа развития территории (по всей вероятности, наложенной позднее, при формировании оруденения других частей узла), однако слабая изученность этой части узла пока не позволяет достоверно оконтурить данное рудное поле.

Наиболее изученным является Новогодненское рудное поле, которое включает разведанные золоторудные месторождения Новогоднее-Монто и Петропавловское и ряд мелких либо недооцененных рудопроявлений и пунктов золотой минерализации.

Благодаря относительно хорошей изученности Новогодненского рудного поля и золоторудных объектов в его пределах оно рассматривается автором в качестве «эталонной» площади для разработки прогнозно-поисковой модели золоторудных объектов применительно к территории Малоуральского ВПП.

### 2.1. Геологическое строение Новогодненского рудного поля и положение золоторудных объектов в его пределах

#### 2.1.1. Геологическое строение и структура Новогодненского рудного поля

Площадь Новогодненского рудного поля (8 км<sup>2</sup>) (Рисунок 2.1) является фрагментом крыла Тоупугольской брахисинклинали [Прямоносков, 1994ф], осложненной складками более высокого порядка и отвечает ограниченному разломами относительно поднятому тектоническому блоку (серии сопряженных блоков, разделенных разрывными нарушениями высоких порядков) сложной конфигурации в юго-восточной части Тоупугол-Ханмейшорского рудного узла.



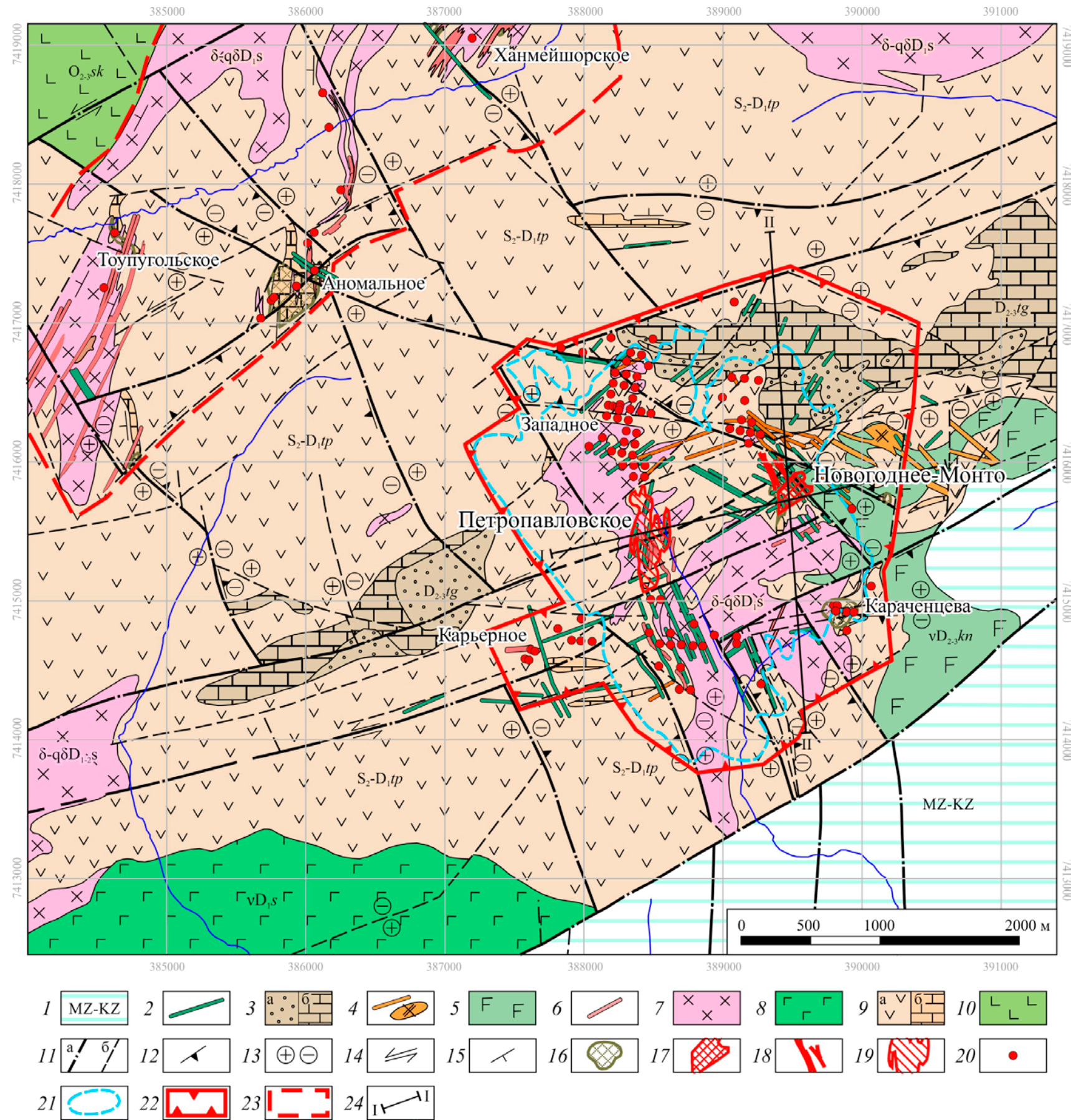


Рисунок 2.1 — Геологическая карта Новогодненского рудного поля и его обрамления (составлено автором по собственным материалам [Андреев, 2002; Волчков, 2001ф, 2005ф, 2008ф], материалам прогнозно-поисковых работ УГГА [Прямоносков, 2004ф], поисковых и разведочных работ ОАО «ЯГК» и АО «Ямалзолото», с дополнениями)

Периферия рудного поля представлена серией относительно опущенных «безрудных» блоков, на западе отделяющих его от соседнего Ханмейшорского потенциального рудного поля.

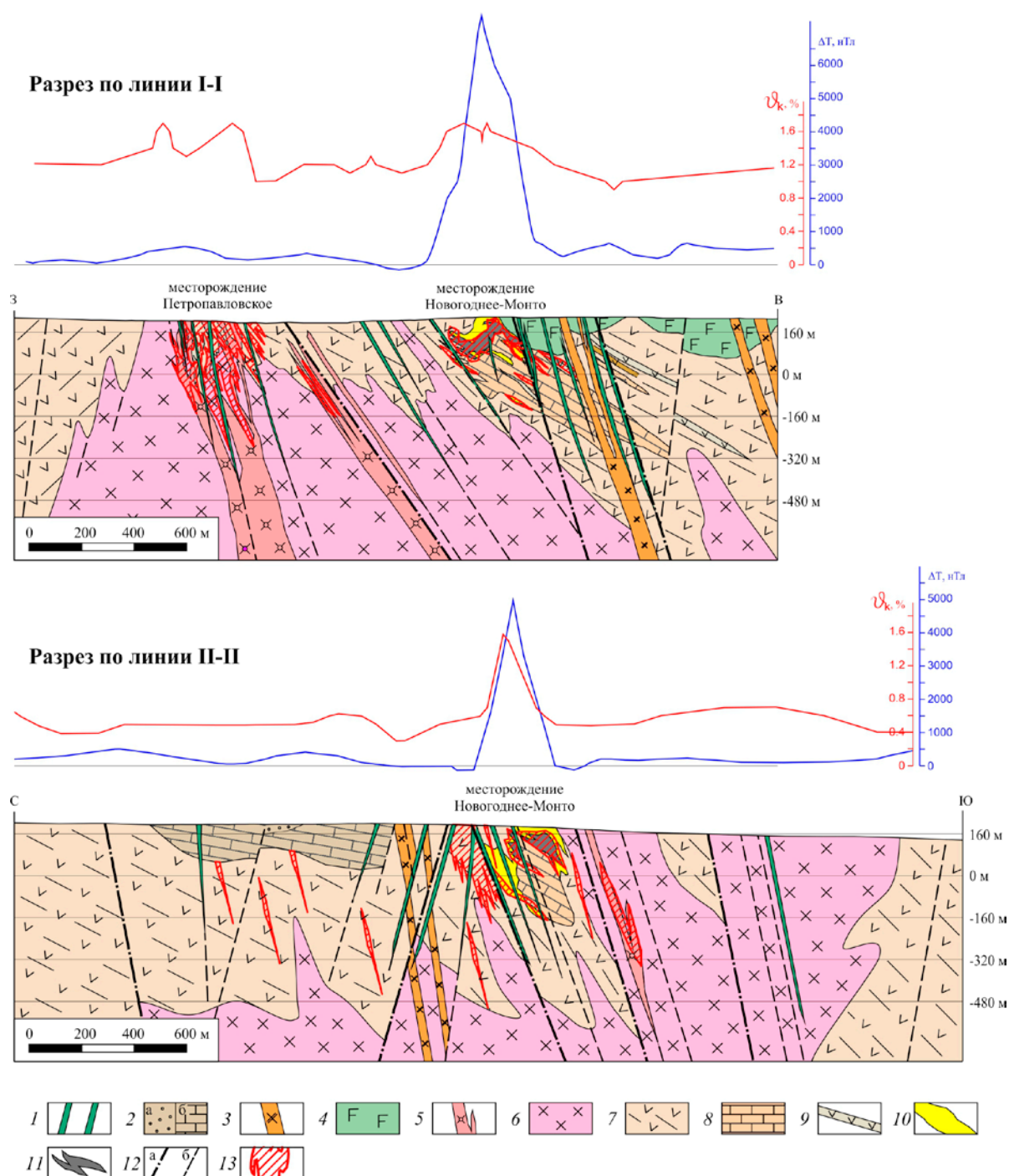
Контур Новогодненского рудного поля, выделенного специалистами ЦНИГРИ [Черемисин, 2000], неоднократно уточнялось автором [Волчков, 2001ф, 2005ф, 2008ф; Риндзюнская, 2004ф] по мере поступления результатов поисковых, разведочных, геохимических и геофизических работ. Представленный в настоящей работе контур рудного поля (см. Рисунок 2.1) обоснован автором по комплексу признаков, предусмотренных методическими рекомендациями по выделению металлогенических таксонов [«Пространственные ...», 2002; Вартанян, 2009ф].

В качестве основного элемента, позволяющего оконтурить Новогодненское рудное поле автором рассматривается локальное плутогенное поднятие, выраженное выходами штокообразных интрузивов рудоносного собского комплекса, и осложняющее общую депрессионную структуру Тоупугол-Ханмейшорского рудного узла (см. Рисунок 2.1, Рисунок 2.2). Штокообразные интрузивы, сопровождающие их метасоматические изменения различного состава и сопряженное с ними золотое оруденение являются элементами единой рудно-магматической системы (РМС), в соответствии с определением данного термина Институтом Карпинского: «Рудно-магматическая система — совокупность магматических, метасоматических и рудных образований — производных генетически и пространственно единого геологического процесса» ([https://karpinskyinstitute.ru/ru/public/sprav/geodictionary/article.php?ELEMENT\\_ID=87707](https://karpinskyinstitute.ru/ru/public/sprav/geodictionary/article.php?ELEMENT_ID=87707)).

Тем самым, в качестве рудного поля автором понимается локальная РМС, контур которой определяется штокообразными интрузивами рудоносного комплекса и полями развития рудно-метасоматических образований. Детализация контура рудного поля проводится по геохимическим ореолам и геофизическим полям, фиксирующим рудно-метасоматические образования, а также результатам горно-буровых работ.

Новогодненское рудное поле сложено вмещающими для золотого оруденения вулканогенными и вулканогенно-осадочными породами андезитобазальт-андезитового состава тоупугольской толщи ( $S_2-D_1$ ), включающей крупные постройки и линзы мраморизованных рифогенных известняков. Также в погруженных частях рудного поля присутствуют более молодые карбонатные, флишеидные пестроцветные образования тоупугольегартской толщи ( $D_{2-3}$ ). Породы тоупугольской толщи слагают моноклираль с падением в юго-восточных румбах под углами  $40 - 55^\circ$ . Общее моноклиральное залегание пород осложнено приразломными и приинтрузивными флексуобразными складками и перегибами. Линзы и пачки мраморизованных рифогенных известняков тоупугольской толщи невыдержаны по мощности и площади распространения. Крупные рифогенные постройки присутствуют преимущественно в восточной части рудного поля (участок месторождения Новогоднее-Монто), где их максимальная мощность превышает 200 м.





1 — разновозрастные дайки диабазов, лампрофиров; 2 — тоупугольгартская толща ( $D_{2-3tg}$ ): а) конгломераты, гравелиты, песчаники, алевролиты, б) известняки; конгорский комплекс ( $D_{2-3kn}$ ): 3 — дайки монцодиорит- и кварцевых монцодиорит-порфириров, 4 — габбро-долериты, их кварцсодержащие разновидности порфировидные; собский комплекс ( $D_1s$ ): 5 — диорит-порфиры, кварцевые диорит-порфиры, 6 — диориты, кварцевые диориты, тоналиты; тоупугольская толща ( $S_2-D_1tp$ ): 7 — лавы и туфы базальтовых, андезитобазальтовых порфириров, конгломераты, гравелиты, песчаники, алевропесчаники и алевролиты (не расчлененные), 8 — массивы и линзы известняков, 9 — лавы андезитобазальтовых и андезитовых порфириров (установленные по скважинам); 10 — скарны гранат-пироксеновые, эпидот-гранат-пироксеновые; 11 — залежи сплошных и густовкрапленных магнетитовых руд; 12 — разрывные нарушения: а) главные, б) второстепенные; 13 — золото-сульфидная минерализация с содержанием  $Au > 0,3$  г/т.

Рисунок 2.2 — Геологические разрезы через Новогонненское рудное поле: субширотный (I-I) и субмеридиональный (II-II) с графиками магнитного поля ( $\Delta T$ ) и кажущейся поляризуемости ( $\eta_k$ ) (составлено автором к Рисунку 2.1)

Среди стратифицированных образований эрозией вскрыты штокообразные интрузивы сложной формы, представленные гранитоидами второй фазы рудоносного собского комплекса (диориты, кварцевые диориты, тоналиты) — Новогодненский выступ, сопровождающийся крутопадающими порфировыми пластинообразными телами и дайками третьей фазы. Гранитоиды второй фазы выведены на поверхность на юге и западе рудного поля, порфировые тела сосредоточены по краям этих выступов и в надынтрузивной позиции относительно погруженных их частей среди вулканогенно-терригенно-карбонатных пород (см. Рисунок 2.2).

В области контактов штоков гранитоидов собского комплекса с вмещающими вулканогенно-терригенно-карбонатными породами тоупугольской толщи установлены многочисленные апофизы часто конформные залеганию толщи. Такие апофизы сложены преимущественно порфировидными породами, отличающимися по текстурно-структурным характеристикам от равномернозернистых пород штоков. Проявление в пределах рудного поля согласных залеганию вулканогенно-осадочных пород геолого-структурных элементов нашло отражение в характере размещения тел скарнов и связанного с ними золото-сульфидно-магнетитового оруденения, что наиболее отчетливо проявлено на месторождении Новогоднее-Монто.

На востоке и северо-востоке на поверхность выведено силлообразное тело габбро-долеритов и пояс даек монцодорит-порфиритов конгорского комплекса. Многочисленные дайки диабазов и лампрофиров малоханмейского комплекса распространены по всей площади рудного поля (см. Рисунок 2.1, Рисунок 2.2).

Уровень современного эрозионного среза рудно-магматической системы Новогодненского рудного поля представляется автору умеренным.

Сложные очертания Новогодненского рудного поля определяются в том числе областью пересечения разломов восток-северо-восточного, северо-западного и субмеридионального простираний, входящих в региональные системы нарушений. Рудное поле характеризуется мозаично-блоковой тектонической структурой. В формировании этой структуры, как это подчеркивалось многими исследователями [Волчков, 2001ф; Прямоносков, 2004ф и др.], принципиальна роль неоднократно подновлявшихся разрывных нарушений различных рангов двух основных систем — северо-западной (до субмеридиональной) и восток-северо-восточной (до субширотной) (см. Рисунок 2.1).

Первая, наиболее отчетливо проявленная система разрывов определяет позицию штоков гранитоидов и строение их отдельных фрагментов. Нарушения этой системы контролируют положение основных штокверковых и жильно-прожилковых зон золото-сульфидного и золото-сульфидно-кварцевого состава. О длительном развитии и неоднократной активизации этих нарушений говорит приуроченность к ним разновозрастных рудоносных и пострудных даек: диорит-порфиритов, монцодиоритов, диабазов и др.

Вторая группа разрывов, входящая в систему регионального Тоупугольского разлома, расчленяет рудное поле на систему различно погруженных широтных блоков. Нарушения этой системы относятся преимущественно к крутопадающим ( $70 - 80^\circ$ ) сбросам, формируют грабенообразные структуры [Прямоносков, 2004] и фиксируются зонами дробления переменной мощности. Отдельные нарушения этой системы или их фрагменты отчетливо проявлены в геофизических полях.

#### 2.1.2. Рудно-метасоматические образования Новогодненского рудного поля

В связи с неоднократным проявлением тектоно-магматической активности, в пределах Новогодненского рудного поля сформировался полихронный, полифациальный комплекс метасоматических изменений, включающий автометасоматические образования, контактовые роговики и мраморы, известковые скарны, пропилиты и березитоподобные хлорит-кварц-кальцит-серицитовые метасоматиты. Со многими типами метасоматических изменений сопряжена золоторудная сульфидная минерализация, рассмотренная в разделе 2.2.

Ранние высокотемпературные постмагматические изменения в гранитоидах второй фазы собского комплекса проявляются в альбитизации и эпидотизации. Участками в кварцевых диоритах отмечается слабая микроклинизация [Черняев, 2005ф]. Ранние метасоматиты сопровождаются развитием прожилков и гнезд кварц-альбит-(калишпат)-эпидотового состава, нередко содержащих вкрапленность пирита. По вмещающим породам на контакте с гранитоидами образуются роговики, мраморы, а затем — известковые скарны и околоскарновые метасоматиты, пропилиты. Общая мощность контактовых метасоматических ореолов достигает сотни метров.

Пропилитизация вулканогенных и гранитоидных пород представлена актинолит-эпидотовой, эпидот-хлоритовой и кальцит-хлоритовой фациями. Пропилиты эпидот-хлоритовой фации образуют широкие ореолы, включающие и экзо-эндоконтактные зоны штоков гранитоидов. Актинолит-эпидотовые породы образуют более локальные ореолы непосредственно в эндоконтакте массивов, подчиняясь разрывам субмеридионального и северо-восточного простирания. Пропилиты кальцит-хлоритовой фации проявлены повсеместно и образуют мощный ореол размером более 700 м в поперечнике.

Известковые скарны, наиболее интенсивно проявленные в пределах участка месторождения Новогоднее-Монто, формируются по вулканогенным и вулканогенно-осадочным породам на контакте с известняками и на участках фациального перехода от карбонатных пород к вулканогенно-осадочным. Их положение контролируется элементами морфологии линз и рифогенных построек известняков (кровлей, подошвой и областью выклинивания известняков), реже разрывными нарушениями. Все скарны располагаются в надынтрузивной части собских гранитоидов

(см. Рисунок 2.2). Скарны имеют в плане неправильные очертания, в разрезе — линзовидную и лентовидную форму. Мощность их достигает десятков метров, а протяженность — до сотен метров. Скарны имеют достаточно однородный и выдержанный состав без ясной зональности. По минеральным парагенезисам выделены скарны пироксен-гранатовой и пироксен-гранат-эпидотовой фаций [Волчков, 2005ф].

Завершается формирование скарнов магнетитовой минерализацией. В результате образуются гнездово-прожилково-вкрапленные или почти мономинеральные магнетитовые тела с вкрапленностью сульфидов, алюмосиликатов, кальцита. Со скарнами и магнетитовыми телами тесно сопряжено наиболее продуктивное золото-сульфидно-магнетитовое оруденение [Андреев, 2001<sup>2</sup>, 2006, 2016<sup>2</sup> и др.; Риндзюнская, 2005].

Открытие Петропавловского месторождения позволило автору с коллегами изучить еще один важный для рудообразования тип метасоматических изменений рудного поля — пропилиты хлорит-(кварц-кальцит)-альбитового состава (впервые спрогнозированные автором по наличию таких образований в пределах месторождения Новогоднее-Монто [Андреев, 2001<sup>2</sup>]). Данные метасоматиты вмещающие золото-сульфидное оруденение образуют ореол, практически соответствующий площади данного месторождения и тесно приурочены к эндо-экзоконтактам даек порфировидных и порфировых диоритов и кварцевых диоритов. Отдельные линзовидные и овальные «пятна» рассматриваемых метасоматитов (рассеченные линейными зонами более поздних березитоподобных метасоматитов) имеют ширину до первых десятков метров при протяженности десятки – сотни метров. Их ориентировка подчинена основным крутопадающим разрывным нарушениям рудного поля, контролирующим порфировые дайки. В составе хлорит-(кварц-кальцит)-альбитового парагенезиса пропилитов обязательно присутствует пирит, являющийся основным спутником золота [Волчков, 2005ф; Мансуров, 2009, 2011, 2013 и др.].

К наиболее поздним гидротермально-метасоматическим преобразованиям пород рудного поля относятся хлорит-кальцит-кварц-серицитовые метасоматиты [Гаптулкадыров, 1999ф; Черемисин, 2000; Андреев 2001<sup>2</sup> и др., Карелина 2001 и др.; Силаев, 2003<sup>2</sup>; Григорьев, 2003]. В составе этих метасоматитов могут присутствовать гидросерицит и иллит, вероятно отражающие локальные проявления аргиллизации [Волчков, 2005ф; Риндзюнская, 2005]. Минеральные ассоциации такого типа метасоматитов могут рассматриваться как березитоподобные изменения, отличающиеся от «классических» березитов практически полным отсутствием железистых карбонатов. Далее по тексту метасоматиты хлорит-кальцит-кварц-серицитового состава автор будет рассматривать в качестве условных «березитов». Эти метасоматиты в разной степени накладываются на все предшествующие типы изменений пород. Мощность отдельных зон «березитов» колеблется от первых сантиметров до десятков сантиметров при суммарной мощности в зонах трещинова-



тости до первых метров, а протяженность — от первых десятков метров до сотен метров. С метасоматитами такого состава сопряжено прожилково-вкрапленное золото-сульфидно-кварцевое оруденение, представленное маломощными кварцевыми и кварц-кальцитовыми прожилками (иногда жилами до нескольких десятков сантиметров) с вкрапленностью сульфидов (преимущественно пирита и галенита). Золотоносные минерализованные зоны этого типа приурочены главным образом разломам север-северо-западного и субмеридионального простираний.

Масштабы и специфика проявления метасоматических изменений, при одинаковом их спектре и тенденции в преобразованиях, и их золотоносность несколько отличаются в пределах восточной и западной частей рудного поля, что предопределило основные различия в вещественном составе руд месторождений Новогоднее-Монто и Петропавловское (см. Рисунок 2.1, Рисунок 2.2).

**Месторождение Новогоднее Монто** расположено в восточной части рудного поля, в пределах которой моноклинально падающая в юго-восточных румбах вулканогенно-терригенная толща вмещает крупную рифовую постройку известняков. Толща прорвана гранитоидами рудоносного собского, габбро-долеритами конгорского комплексов, разновозрастными дайками «пестрого» состава. Благодаря воздействию гранитоидов собского комплекса на карбонатные и карбонатсодержащие породы толщи в их экзоконтактовой и надынtruзивной области широко проявлены скарны, вмещающие залежи золото-сульфидно-магнетитовых руд. На флангах скарнов по серии кулисно построенных разрывов и оперяющих их трещин образованы зоны «березитов» с золото-сульфидно-кварцевыми рудами.

**Месторождение Петропавловское** расположено в эндо-экзоконтактовой зоне штока гранитоидов собского рудоносного комплекса в западной части рудного поля. Оно приурочено к субмеридиональной тектонической зоне, сложенной интенсивно дислоцированными вулканогенно-осадочными породами (при практически полном отсутствии в разрезе известняков), инъецированными многочисленными дайками диорит- и кварцевых диорит-порфиритов. Тектоническая зона вмещает многочисленные кулисно построенные зоны расланцевания и трещиноватости, контролирующие развитие метасоматитов хлорит-альбитового состава с золоторудной пиритовой прожилково-вкрапленной (штокверковой) минерализацией и совмещенных с ними в пространстве (телескопированных) зон золото-сульфидно-кварцевой жильно-прожилковой минерализации, аналогичных таковым на месторождении Новогоднее-Монто. Поскольку особенности строения и золоторудной минерализации Петропавловского месторождения подробно рассмотрены в публикациях и диссертационной работе Р.Х. Мансурова [Мансуров, 2009, 2011, 2013, 2017 и др.] в настоящей работе автором рассматриваются только основные данные по этому месторождению необходимые для разработки комплексной прогнозно-поисковой модели.

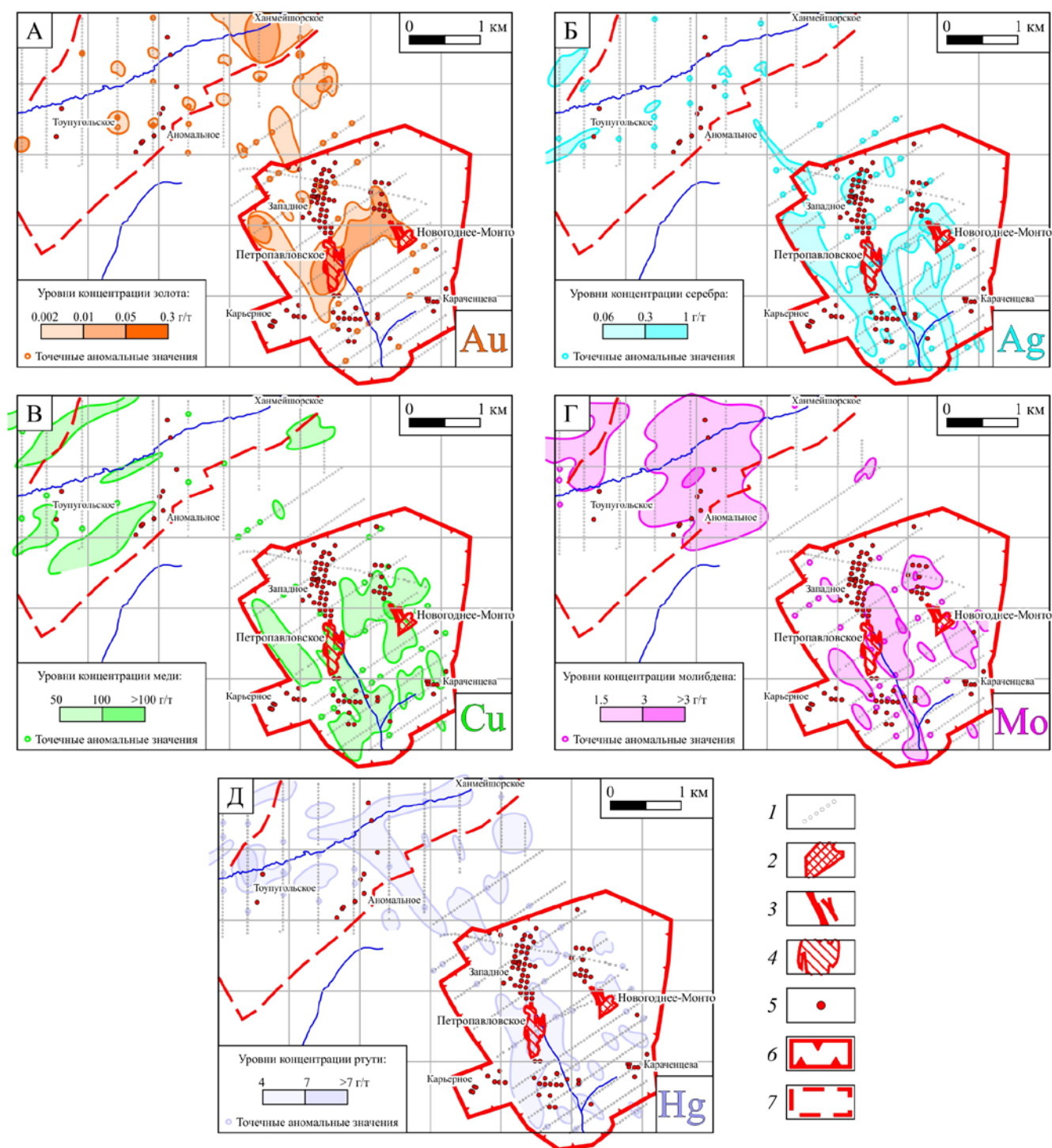
Россыпная золотоносность не установлена в пределах рудного поля. Исследование водотоков, дренирующих рудное поле и его периферию (руч. Тоупугол и его притоки), проведенное автором совместно со специалистами отдела экзогенной золотоносности ЦНИГРИ, в более чем 40 шлиховых пробах выявлено лишь несколько знаков золота [Риндзюнская, 2004ф, 2005ф]. Для данного золота размером 0,1 – 0,15 мм характерна уплощенная форма, шероховатая поверхность с пятнами гидроксидов железа, что свидетельствует о близкой связи с коренными источниками. Единственный относительно протяженный шлиховой ореол известен в западной, мало изученной с точки зрения рудоносности, части Тоупугол-Ханмейшорского рудного узла, в нижнем течении руч. Тоупугол, что указывает на потенциальную перспективность этой части узла для проведения дальнейших поисковых работ.

### 2.1.3. Геохимические ореолы Новогодненского рудного поля

Несмотря на неблагоприятные ландшафтные условия рассматриваемой территории — повсеместное распространение вечной мерзлоты и покрова ледниковых и водно-ледниковых отложений мощностью до 3 м и более, оруденение Новогодненского рудного поля (и соседнего Ханмейшорского) достаточно хорошо проявляется во вторичных литохимических ореолах рассеяния (ВОР). По результатам переинтерпретации данных опытно-методических геохимических работ ФГУП ИМГРЭ [Юшко, 2007ф], автором было установлено, что Новогодненского рудное поле выражено крупной, хотя и относительно слабо контрастной, комплексной аномалии 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) (Рисунок 2.3) в меньшей степени В, Pb, W, Ba и других элементов.

Аномальные концентрации Au образуют крупный ореол в осевой части данной комплексной аномалии и серию мелких сателлитных ореолов и точечных аномалий на его флангах и периферии. Эти ореолы хорошо отражают близповерхностное оруденение северной части месторождения Новогоднее-Монто и центрального сектора месторождения Петропавловское. Вместе с тем, невыведенные на поверхность «скарновая» часть месторождения Новогоднее-Монто и северный и южный сектора минерализованной зоны месторождения Петропавловское ореолами золота выражены намного слабее. Ореолы серебра в целом совпадают с ореолами золота, но распространены несколько шире.

Концентрации меди в ВОР рудного поля находятся в диапазоне от 50 до 100 г/т, характерны как для минерализованных зон месторождений, так и для фланговых их частей. Наибольшие концентрации характерны для участка выхода на поверхность скарново-магнетитового тела с линзами богатой халькопиритовой минерализации на месторождении Новогоднее-Монто.



1 — линии геохимического опробования ФГУП ИМГРЭ; 2 — золото-сульфидно-магнетитовые руды месторождения Новогоднее-Монто; 3 — линейные золоторудные жильно-прожилковые зоны «березитов» месторождения Новогоднее-Монто; 4 — золоторудный штокверк месторождения Петропавловское; 5 — скважины разных лет вскрывшие интервалы с содержаниями Au > 1 г/т вне основных рудных тел месторождений; 6 — контур Новогодненского рудного поля; 7 — контур Ханмейшорского потенциального рудного поля

Рисунок 2.3 — Карты литохимических аномалий ВОР Новогодненского рудного поля и его обрамления: А — золота, Б — серебра, В — меди, Г — молибдена, Д — ртути (интерпретация автора [Волчков, 2008ф] материалов ФГУП ИМГРЭ [Юшко, 2007ф])

Ореолы молибдена облекают ореолы рассеяния меди частично перекрываясь с ними и наиболее характерны для выступов на поверхность интрузивов собского комплекса, который, как известно, имеет не только золотую, но и медно-молибденовую минерагеническую специализацию (проявления в пределах узла и в южных частях Малоуральского ВПП).

Ореолы других элементов проявлены более локально. Так ртуть формирует ореолы преимущественно в пределах Петропавловского месторождения, образуя максимум концентрации в его центральной части.

Таким образом, комплексный (Au, Ag, Cu, Mo) геохимический ореол, фиксирует как золотоносные минерализованные зоны, так и выступы гранитоидов рудоносного интрузивного комплекса, т.е. рудно-магматическую систему рудного поля в целом.

Специалисты ООО «НПО Геосфера» в пределах Новогодненского рудного поля и на его периферии проводили опытное гидрогеохимическое опробование. По их данным [Черняев, 2005ф] в гидрохимических ореолах рассеяния в центральной части рудного поля зафиксирована крупная (до 1 км<sup>2</sup>) концентрически зональная комплексная аномалия Au (0,0025 – 1,5) и его элементов-спутников — Mo (1,0 – 172,07), Sb (0,25 – 4,7), W (0,009 – 66,85), а также Bi, As, Se, Te (концентрации приведены в мкг/л) (Рисунок 2.4). Ореолы золота отчетливо фиксируют месторождение Новогоднее-Монто, менее контрастно месторождение Петропавловское и рудопроявление Карьерное. Ореолы других элементов (Mo, Sb, W, Se, As) характерны в основном для месторождения Новогоднее-Монто и рудопроявления Карьерное.

Распределение указанных элементов в гидрогеохимических ореолах практически полностью совпадает с положением поверхностных горных выработок (расчисток и строительных карьеров), существовавших на время проведения гидрогеохимических работ. Так как месторождение Петропавловское к тому времени было еще не вскрыто, гидрогеохимические ореолы, кроме золота и селена, его практически не зафиксировали, что может указывать на ограниченность применения такого поискового метода на данной территории.

#### 2.1.1. Геофизические поля Новогодненского рудного поля

Внутренняя структура Новогодненского рудного поля и золоторудные минерализованные зоны относительно хорошо выражены в геофизических полях (Рисунок 2.5). На основе материалов ОАО «СУГРЭ» [Ястребов, 2008ф], автором были проанализированы карты изолиний магнитного поля, кажущейся поляризуемости и удельного электрического сопротивления и определен ряд закономерностей, который использован в качестве одного из элементов разработанной прогнозно-поисковой модели.

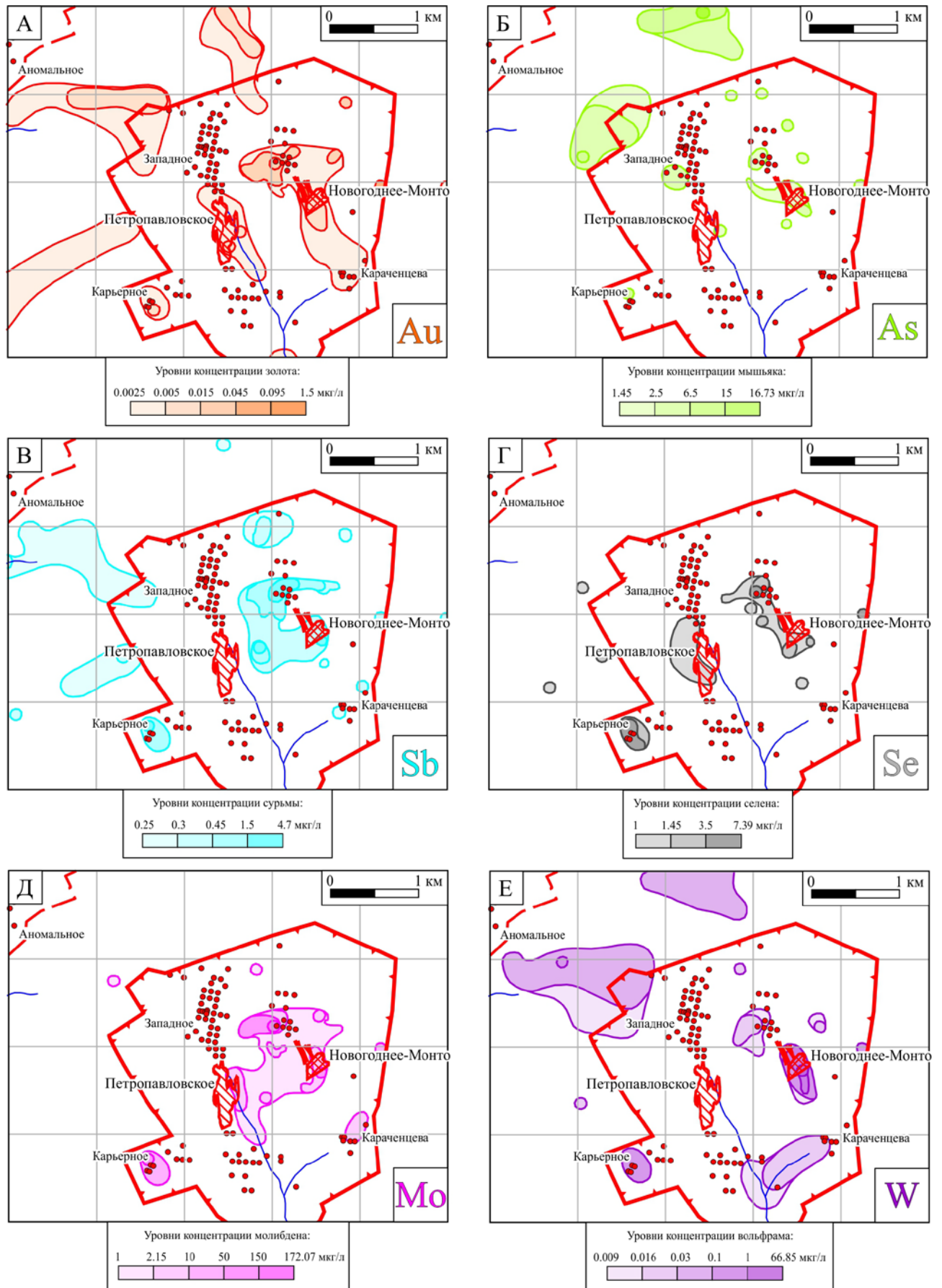


Рисунок 2.4 — Карты гидрохимических аномалий Новогодненского рудного поля и его обрамления: А — золота, Б — мышьяка, В — сурьмы, Г — селена, Д — молибдена, Е — вольфрама (по материалам ООО «НПО Геосфера» [Черняев, 2005ф])



В магнитном поле  $\Delta T$  (см. Рисунок 2.5 А) прослеживается три направления простирания аномалий и градиентных зон: запад-северо-западное, восток-северо-восточное, северо-восточное и, слабо выраженное, субмеридиональное, обусловленные блоковым строением как Новогодненского рудного поля, так и Тоупугол-Ханмейшорского узла в целом.

Рудное поле окаймляется кольцом слабоконтрастных положительных аномалий магнитного поля. Полоса пониженной интенсивности магнитного поля прослеживается через осевую часть рудного поля в северо-западном направлении, фиксируя диагональную систему разрывных нарушений (зона Евъеганского разлома).

Наиболее контрастные локальные положительные аномалии магнитного поля  $\Delta T$  интенсивностью более 500 – 1000 нТл, отражают участки положения скарново-магнетитовых тел. Самая контрастная аномалия площади соответствует южной части месторождения Новогоднее-Монто. Так же хорошо фиксируются магнетитовые тела рудопроявления Караченцева и более мелкие золотоносные и незолотоносные магнетитовые тела.

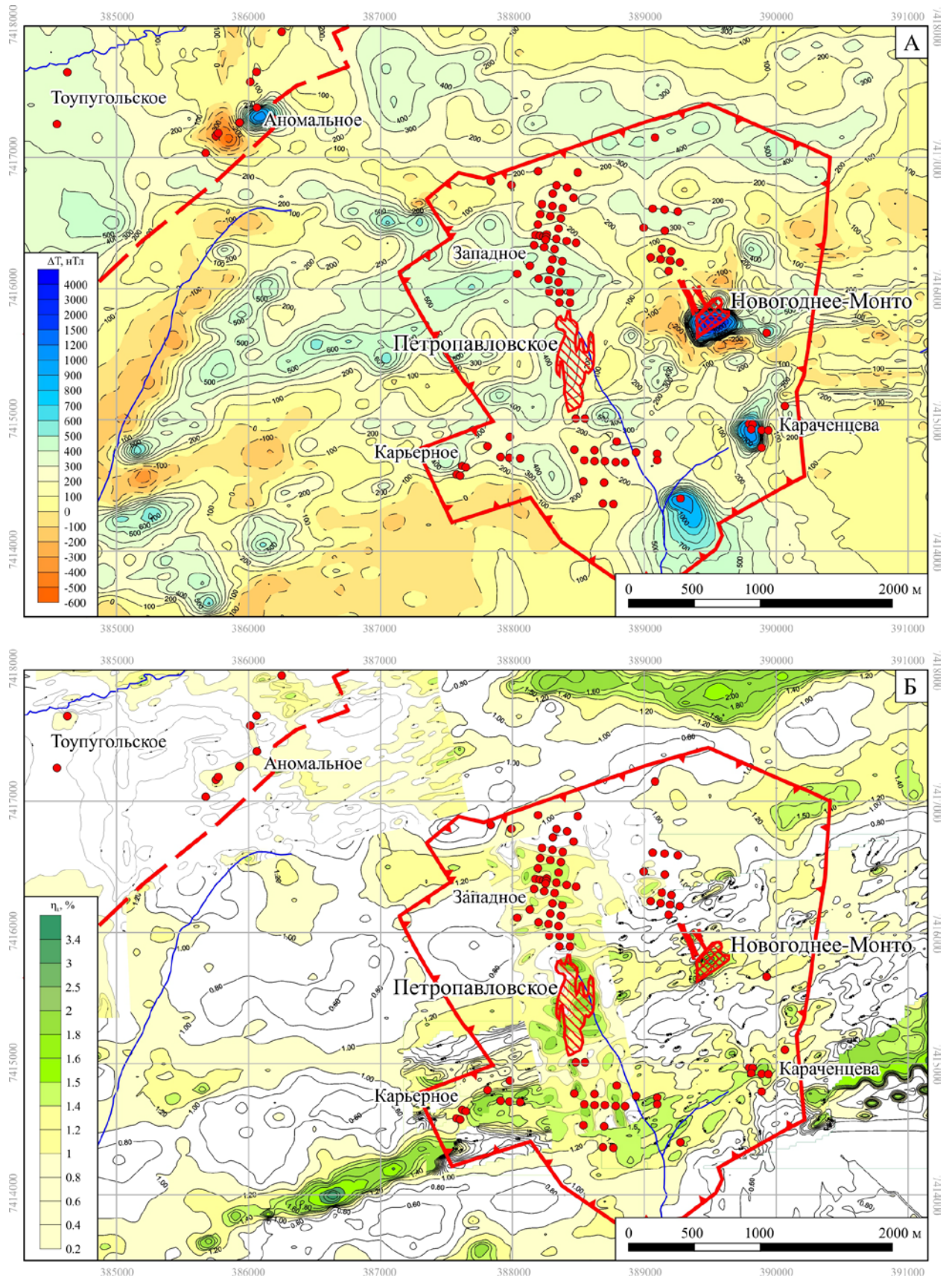
Минимумы магнитного поля ( $\Delta T$  ниже 0 нТл) отвечают зонам золотоносных и не золотоносных «березитов», как правило вскрытых поверхностными горными выработками в северной части и на флангах месторождения Новогоднее-Монто.

Кроме «рудных» положительных магнитных аномалий, наличие непрерывных полос и прерывистых цепочек магнитных аномалий  $\Delta T$  интенсивностью более 500 нТл, имеющих над вулканогенными и вулканогенно-осадочными образованиями тоупугольской толщи «складчатый» рисунок, позволяет предположить наличие в разрезе толщи обогащенных магнетитом литологических горизонтов.

В электрических полях, как и в магнитном, площадь Новогодненского рудного поля характеризуется резкой дифференцированностью. Интенсивность поля кажущейся поляризуемости (см. Рисунок 2.5 Б) варьирует от 0,6 до 2,5 %, при фоновых значениях порядка 0,75 – 0,80 %. В поле кажущейся поляризуемости ( $\eta_k$ ) наиболее четко отражается блоковое строение площади.

Новогодненский выступ гранитоидов обрамляется по периметру серией локальных аномалий кажущейся поляризуемости до 1,6 – 1,8 %. Непосредственно на месторождении Новогоднее-Монто отмечена локальная аномалия поляризуемости интенсивностью до 3 %, пространственно совпадающая с выявленными рудными телами. Также отчетливо выделяется аномалией поляризуемости месторождение петропавловское.

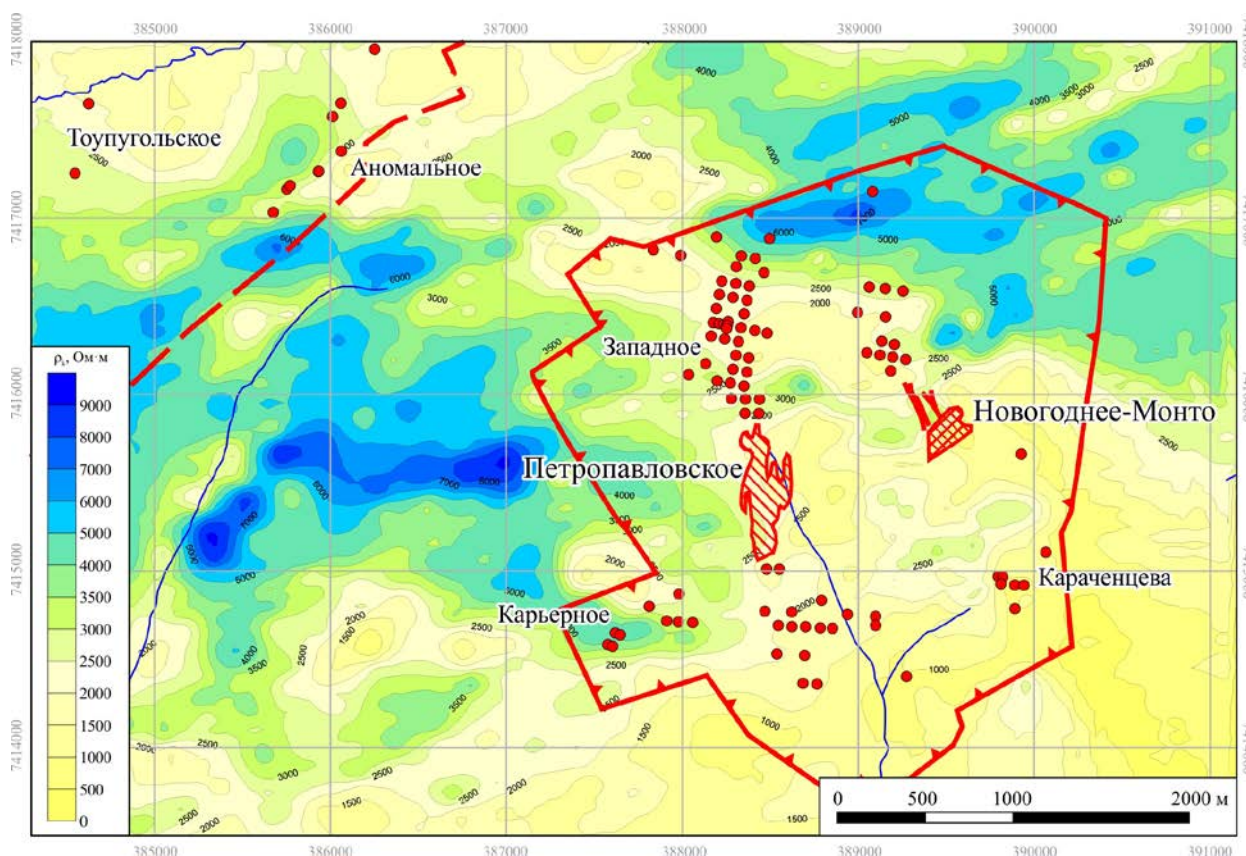
На общем фоне также выделяются две протяженные линейные субширотные аномалии интенсивностью более 1,5 %, которые обусловлены зонами тектонических нарушений с повышенным содержанием сульфидных минералов, но не несущих золотого оруденения.



Условные обозначения см. Рисунок 2.3

Рисунок 2.5 — Карты геофизических полей Новогодненского рудного поля и его обрамления: А — магнитного поля  $\Delta T$ , Б — кажущейся поляризуемости  $\eta_k$  (по материалам ОАО «СУГРЭ» [Ястребов, 2008ф])

Значения удельного электрического сопротивления ( $\rho_k$ ) варьируют в пределах 700 – 9000 Ом·м (Рисунок 2.6). В среднем уровень электросопротивлений низкий и составляет 2000 – 3000 Ом·м. Наиболее низкие значения (от 700 до 1500 Ом·м) отмечаются в пределах выходов на поверхность гранитоидов, а также непосредственно над магнетитовым телом месторождения Новогоднее-Монто; наиболее высокие (7000 – 8000 Ом·м) — в пределах вулканогенно-осадочных пород на северной и западной периферии рудного поля.



Условные обозначения см. Рисунок 2.3

Рисунок 2.6 — Карта значений удельного электрического сопротивления ( $\rho_k$ ) Новогодненского рудного поля и его обрамления (по материалам ОАО «СУГРЭ» [Ястребов, 2008ф])

Таким образом, в геофизических полях Новогодненское рудное поле фиксируется по следующим признакам: область совмещения аномалий кажущейся поляризуемости и магнитного поля; участки относительно пониженных удельных электрических сопротивлений; зоны линейных градиентов геофизических полей, маркирующие системы разнонаправленных разрывных нарушений.

\* \* \*

Проведенное обобщение материалов по геологическому строению, рудно-метасоматическим преобразованиям, геохимическим ореолам и геофизическим полям Новогодненского рудного поля показывает, что обстановка его нахождения определяется приуроченностью его к



сложно построенному локальному плутогенному поднятию. Это поднятие сформировано на фоне относительно погруженной центральной части рудного узла (провеса кровли крупного интрузивного массива), в эндо- и экзоконтактовых зонах штокообразных массивов гранитоидов рудоносного комплекса. Позиция месторождений Новогоднее Монто и Петропавловское в пределах рудного поля, контролируется системой разрывных нарушений север-северо-западного и субмеридионального простираний, маркируемых выступами гранитоидов на дневную поверхность и разновозрастными дайками «пестрого» состава. Рудоносные магматические образования, участвующие в формировании структуры рудного поля, и сопровождающие их рудно-метасоматические образования являются продуктами единой рудно-магматической системы.

## **2.2. Типы золотого оруденения Новогодненского рудного поля и обстановки их локализации**

На основании результатов, полученных автором совместно с другими специалистами ЦНИГРИ при изучении месторождений и рудопроявлений Новогодненского рудного поля, было установлено, что по структурно-морфологическим особенностям локализации и минералого-геохимическим характеристикам, на золоторудных объектах достоверно выделяются три основных типа золотоносных образований (структурно-вещественных типов золотого оруденения), определяющих промышленную значимость месторождений Новогоднее-Монто и Петропавловское, а также перспективы других рудопроявлений Новогодненского рудного поля и Тоупугол-Ханмейшорского рудного узла [Черемисин, 2000, Андреев, 2001<sup>2</sup>, 2006, 2016; Волчков, 2005ф, 2008ф, Мансуров, 2013 и др.]:

- 1) золото-сульфидно-магнетитовый в скарнах, контролируемых областью контактов туфогенно-осадочных и карбонатных пород;
- 2) золото-сульфидный в хлорит-альбитовых метасоматитах в эндо- и экзоконтактах даек диорит-порфиритов;
- 3) золото-сульфидно-кварцевый жильно-прожилковый в березитоподобных метасоматитов линейных зон трещиноватости.

Золотое оруденение рудного поля по совокупности признаков, согласно методическим руководствам [«Оценка ...», 2002], относится к золото-сульфидно-кварцевой формации, а выделенные типы могут быть отнесены к субформациям этой рудной формации: золото-скарновой, золото-порфировой и золото-сульфидно-кварцевой, соответственно.

### 2.2.1. Оруденение золото-сульфидно-магнетитового типа

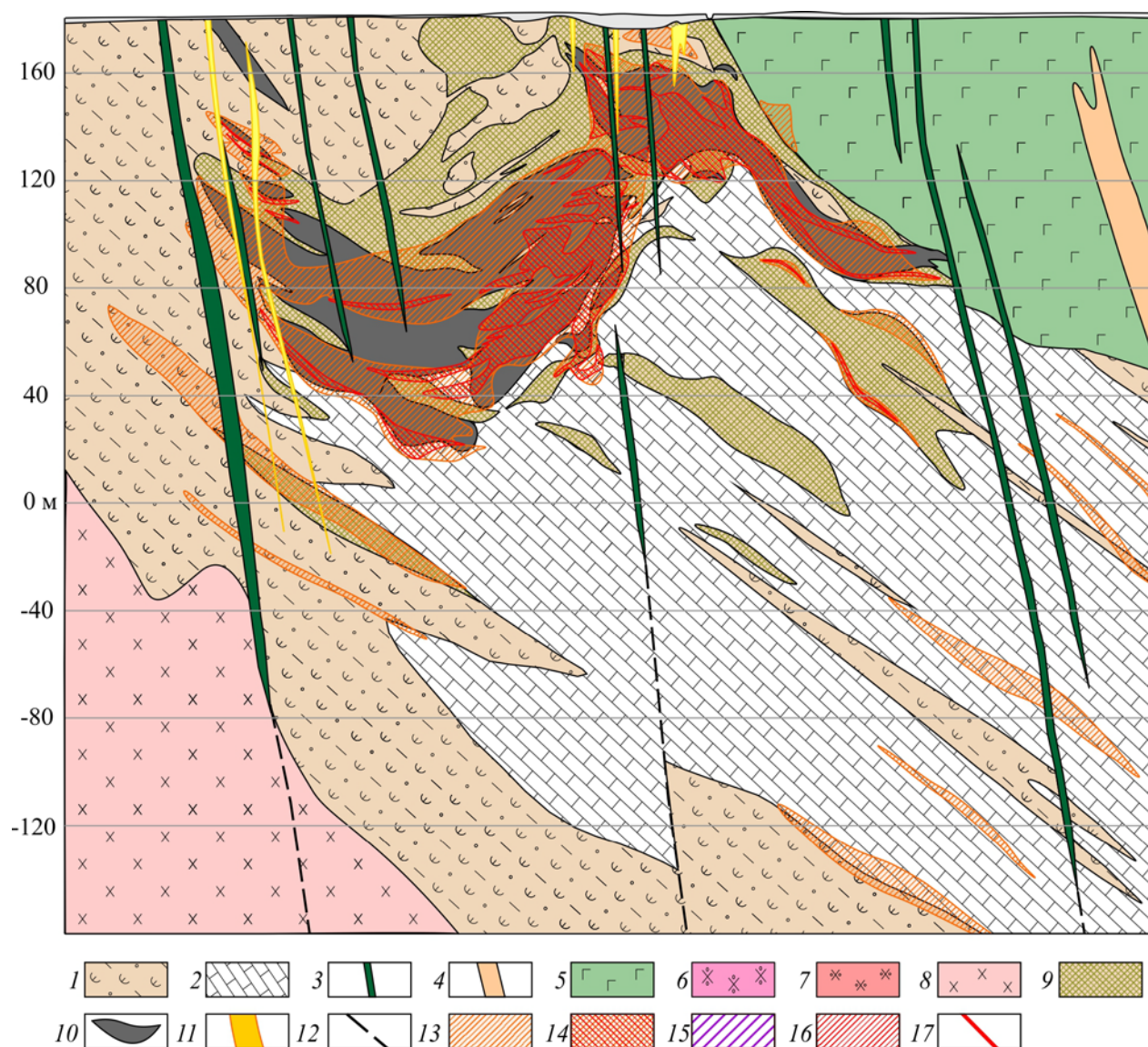
Оруденение золото-сульфидно-магнетитового типа приурочена к скарновым и скарново-магнетитовым залежам в зоне контакта туфогенно-осадочных пород с линзами карбонатных пород в области влияния интрузивных массивов рудоносного собского комплекса и сопровождающих их апофиз и даек. Данный тип оруденения наиболее широко проявлен на месторождении Новогоднее-Монто.

Рассматриваемое оруденение было установлено единичными скважинами и расчистками работами ОАО «ПУГГП» [Гаптулкадыров, 1999]. В качестве самостоятельного высокоперспективного типа оруденения стал впервые рассматриваться автором и другими специалистами ЦНИГРИ [Черемисин, 2000; Андреев, 2001<sup>2</sup>] и был рекомендован для обязательного изучения буровыми работами. Остальные исследователи [Дьяконов, 2001; Карелина, 2001, 2002<sup>1</sup>, 2002<sup>2</sup>; Григорьев, 2003<sup>1</sup>, 2003<sup>2</sup>; Силаев, 2003<sup>1</sup>, 2003<sup>2</sup> и другие] рассматривали золотоносность в скарнах, как результат наложения на них березитоподобных метасоматитов и отрицательно оценивали их промышленную значимость. Подтверждение правомерности выделения ЦНИГРИ золото-сульфидно-магнетитового типа как самостоятельного типа золотых руд, а также его высокая золотоносность была подтверждена при разведке месторождения Новогоднее-Монто АО «Ямалзолото» и ОАО «ЯГК» и последующих комплексных геолого-минералого-геохимических исследований данного типа руд в ЦНИГРИ [Беневольской, 2004; Волчков, 2005ф; Андреев, 2006; Двуреченская, 2007], ООО «НПО Геосфера» [Черняев, 2005, 2005ф], Бронницкой ГГЭ [Трофимов, 2004, 2004ф, 2005]. На месторождении Новогоднее-Монто рассматриваемый тип оруденения является определяющим для промышленной значимости объекта (80 % запасов золота месторождения).

По результатам разведки, отстройки детальных разрезов и минералого-петрографическим исследованиям автором было установлено [Волчков, 2005ф; Андреев, 2006], что тела инфильтрационных скарнов месторождения Новогоднее-Монто сформированы по туфогенно-осадочным породам тоупугольской толщи на контакте с крупной рифовой постройкой и линзами известняков и на участках фациальных переходов от карбонатных пород к вулканогенно-осадочным (см. Рисунок 2.1, Рисунок 2.2). Их положение контролируется морфологией рифовой постройки и линз известняков, в меньшей мере — разрывными нарушениями. Все скарновые залежи располагаются в приконтактной и надинтрузивной части массива гранитоидов собского комплекса. Наиболее благоприятными для образования скарнов являются туфы с известковистым цементом.

На месторождении Новогоднее-Монто скарны формируют ореол размером около 300 на 400 м. В его пределах выявлено бурением несколько горизонтов скарнированных пород, залегающих согласно падению слоев рудовмещающей тоупугольской толщи (Рисунок 2.7).





тоупугольская толща ( $S_2-D_1$ ): 1 — вулканогенно-осадочные и вулканогенные породы андезибазальтового состава, 2 — известняки мраморизованные; 4 — малоханмейский интрузивный комплекс ( $D_3-T?$ ): дайки диабазов; конгорский интрузивный комплекс ( $D_{2-3}$ ): 4 — дайки монцодиорит- и кварцевых монцодиорит-порфиров, 5 — габбро-долериты порфировидные; собский интрузивный комплекс ( $D_1$ ): 6 — диорит-порфиры и кварцевые диорит-порфиры, 7 — порфировидные диориты и кварцевые диориты, 8 — диориты, кварцевые диориты, тоналиты; 9 — гранат-пироксеновые скарны; 10 — магнетитовые тела; 11 — зоны «березитов»; ореолы минерализации золото-сульфидно-магнетитового типа: 13 — по бортовому содержанию Au 0,1 г/т; 14 — по бортовому содержанию Au 1 г/т; ореолы минерализации золото-сульфидного типа: 15 — по бортовому содержанию Au 0,3 г/т, 16 — по бортовому содержанию Au 1 г/т, 17 — стержневые жильно-прожилковые тела «березитов» с содержанием Au  $>> 1$  г/т

Рисунок 2.7 — Схема строения месторождения Новогодное-Монто и его минерализованной зоны на широтном разрезе (составлено автором по собственным материалам и первичным материалам разведочных работ АО «Ямалзолото»)

Скарновые залежи имеют в плане неправильные очертания, в разрезе — линзовидную и лентовидную форму. Мощность отдельных линз и слоев скарнов колеблется от первых метров до десятков метров, а мощность приуроченных к ним магнетитовых тел составляет первые метры — десятки метров. По простиранию отдельные тела магнетитовых (сульфидно-магнетитовых) руд

протягиваются на десятки и первые сотни метров. Поперечными разрывными нарушениями они разбиваются на блоки. Скарны имеют достаточно однородный и выдержанный состав без ясной зональности. По минеральным парагенезисам автором выделены скарны пироксен-гранатовой и пироксен-гранат-эпидотовой фаций.

Главными минералами скарнов являются гранатgrossуляр-андрадитового ряда (40 – 90 %), пироксен диопсид-геденбергитового ряда (от первых % до 35 %) и эпидот-пистацит (10 – 20 %). Второстепенными минералами являются полевые шпаты, везувиан и роговая обманка, а также более поздние минералы — хлорит, актинолит, альбит, карбонаты, кварц. Редко фиксируются рутил, циркон, сфен, шпинель [Волчков, 2005ф].

Завершается формирование скарнов магнетитовой минерализацией. В результате образуются почти мономинеральные магнетитовые тела с вкрапленностью сульфидов, алюмосиликатов, кальцита. С магнетитовыми телами тесно сопряжены участки развития золото-сульфидно-магнетитового типа оруденения.

На основе опробования АО «Ямалзолото» выделено несколько промышленных рудных тел, залегающих субсогласно весьма сложным контактам карбонатных и алюмосиликатных вулканогенно-осадочных пород на двух сближенных стратиграфических уровнях. Золоторудные тела имеют сложную неправильную форму гнезд, линз и пластов мощностью от десятков сантиметров до первых метров, а контуры их часто совпадают с участками повышенной сульфидизации магнетитовых и скарновых тел. Руды характеризуются в основном массивной, полосчато-пятнистой и пятнисто-вкрапленной текстурами. Местами руды катаклазированы и часто несут элементы брекчирования.

Главные рудные минералы рассматриваемого типа оруденения представлены магнетитом, пиритом, в том числе мышьяковистым и кобальтоносным, кобальтином и халькопиритом. Значительно реже встречаются гематит, пирротин, арсенопирит, сфалерит, марказит. Количественное соотношение магнетита и сульфидов в промышленных рудах на разных участках месторождения варьирует в широких пределах (от практически безсульфидных руд, до массивных пиритов). Подробнее характеристика золото-сульфидно-магнетитовых руд месторождения Новогоднее-Монто приведена в Главе 3.

Основные рудные тела расположены в центральной и южной частях месторождения на глубинах 60 – 150 м (см. Рисунок 2.7) и приурочены к невыходящей на поверхность субпластовой залежи «Магнетитовая». Залежь тяготеет к контакту скарнов с нижележащими мраморами и представляет собой сложно построенное тело прокварцованных, сульфидизированных сплошных и шлировидных магнетитовых руд. Ширина залежи в южной части составляет до 350 м, на севере не превышает 100 м; протяженность с юга на север составляет 250 – 280 м, т.е. форма

залежи близка к изометричной. В целом, магнетитовые тела и вмещающие их скарны и скарнированные вулканогенные породы окаймляют морфологически сложную зону выклинивания массива известняков, моноклинально падающего на восток – юго-восток. Мощности скарново-магнетитовых тел достигают 50 – 60 м. Менее мощные залежи скарново-магнетитовых руд (преимущественно гнездово-вкрапленных) образуют субпластовые и линзовидные тела в вулканогенно-осадочных породах подстилающих постройку известняков (залежь «Скарновая»).

Содержания сульфидов в рудах варьируют от 5 – 10 % до 80 – 90 %. Содержания золота в рудных телах составляют от 7,6 г/т до 18 г/т. Одновременно с выклиниванием магнетитовых тел, снижаются концентрации золота.

Как показывают минералогические анализы [Волчков и др., 2005ф; Андреев, 2006; Двуреченская, 2007], золотоносность руд определяется как количеством сульфидов, так и продуктивностью последних. Золото в рудах представлено самородной формой, наиболее часто присутствует в тесной ассоциации с кобальтином и пиритом, относительно реже в магнетите, пирротине, халькопирите, хлорите и кварце. В богатых рудах с содержанием золота до 16,61 г/т из сульфидов преобладает кобальтин, к которому преимущественно приурочены многочисленные выделения самородного золота. Тесная ассоциация самородного золота с кобальтином на месторождении Новогоднее-Монто установлена впервые автором совместно с специалистами отдела минералогии и изотопной геохимии ЦНИГРИ (С.С. Двуреченская, С.Г. Кряжев).

По химическому составу самородное золото характеризуется двумя разновидностями — высокопробным золотом (900 – 990 ‰) и средней пробы (760 – 880 ‰) (по результатам микронзондирования [Волчков и др., 2005ф; Андреев, 2006; Двуреченская, 2007]). Высокопробное золото наиболее часто отмечается в кобальтине, магнетите, очень неравномерно фиксируется в пирите и жильных минералах. Более низкопробное золото, как правило, тесно ассоциирует с халькопиритом или пиритом, в жильных минералах. При этом автором на основе построенных детальных разрезов с привлечением геохимических данных Бронницкой ГГЭ [Трофимов, 2004ф] установлено, что ассоциации с высокопробным золотом (золото с магнетитом и кобальтином) характерны в основном для залежи «Магнетитовая» в кровле известняков, а ассоциации с золотом средней пробы (золото с пиритом и халькопиритом) в большей степени распространены под подошвой известняков (залежь «Скарновая»).

Изотопные исследования, выполненные в ЦНИГРИ, показали, что золотоносные сульфиды рассматриваемого типа оруденения характеризуются слабо-положительными значениями  $\delta^{34}\text{S}$ . Физико-химическими — установлено, что формирование скарновых руд происходило при участии высокотемпературных (более 350 °С) магматогенных растворов, содержащих серу мантийного происхождения.

Формирование скарнов происходило, согласно теоретическим и экспериментальным данным, при 600 – 450 °С [«Метасоматизм ...», 1998]. Главной причиной оруденения скарнов является повышение кислотности растворов. Это приводит к замещению скарновых минералов рудными окислами (магнетитом) и затем сульфидами. Таким образом, в целом температурный интервал формирования руд «скарновой» стадии рудообразования оценивается (с учетом полученных изотопных данных) интервалом 600 – 350 °С.

Золото-сульфидно-магнетитовый тип оруденения кроме месторождения Новогоднее-Монто в ходе поисковых работ ОАО «ЯГК» по рекомендациям и совместно с автором и другими специалистами ЦНИГРИ [Бординов, 2005ф] выявлены также на участке Караченцева в пределах Новогодненского рудного поля и участках Тоупугольский и Аномальный в пределах Ханмейшорского потенциального рудного поля, однако качество выявленных руд и их параметры (при незначительной изученности проявлений) пока значительно уступают таковым на месторождении Новогоднее-Монто. Данные участки и их перспективность будут рассмотрены в Главе 4 диссертационной работы.

На Петропавловском месторождении скарновый процесс проявлен незначительно из-за крайне ограниченного распространения известняков и карбонатсодержащих пород. В центральной части месторождения установлено несколько линзовидных тел скарнированных пород мощностью от первых метров до 30 – 50 м (по материалам разведочных работ АО «Ямалзолото»). По составу скарны соответствуют скарнам месторождения Новогоднее-Монто. Минерализация в них убогая, представлена прожилково-вкрапленным магнетитом, реже более крупные (первые мм) тонкозернистые агрегативные сгустки (струи). Количество магнетита увеличивается в нижних частях разреза и вблизи с контактами интрузивных тел диоритов. В участках совместного развития с пиритом, в пирите наблюдаются обильные выделения самородного золота [Волчков, 2008ф]. Доля этих руд в балансе Петропавловского месторождения ничтожно мала, и они недостаточно изучены.

#### 2.2.2. Оруденение золото-сульфидного типа

Оруденение золото-сульфидного прожилково-вкрапленного (штокверкового) типа локализованы в хлорит-альбитовых метасоматитах, образованным по вулканогенным породам (в меньшей степени по интрузивным), образуют сближенные зоны неправильной формы подчиненные экзоконтактам субвертикальных даек порфировидных диоритов и диорит-порфириров, до кварцевых диорит-порфириров.

Данный тип оруденения впервые был установлен поисковыми работами ОАО «ПУГТП» на участке Ханмейшорский в северо-западной части Тоупугол-Ханмейшорского рудного узла

[Гаптулкадыров, 1999ф]. Работами ЦНИГРИ такой тип был установлен к северу от месторождения Новогоднее-Монто возле выхода порфировидных диоритов в строительном карьере. По своим характеристикам и тесной связи с порфировидными и порфировыми диоритами и кварцевыми диоритами он был отнесен к «золото-порфировому» и высоко оценены его перспективы [Андреев, 2001<sup>2</sup>]. Последующими разведочными работами не подтвердилась промышленная значимость такой минерализации на месторождении Новогоднее-Монто, однако последующие поисковые работы ОАО «ЯГК» [Бординов, 2005ф], и разведка месторождения Петропавловское АО «Ямалзолото» [Лючкин, 2009ф] было установлено, что данный тип оруденения является ведущим на месторождении Петропавловское, что подтвердило прогнозы автора и других специалистов ЦНИГРИ.

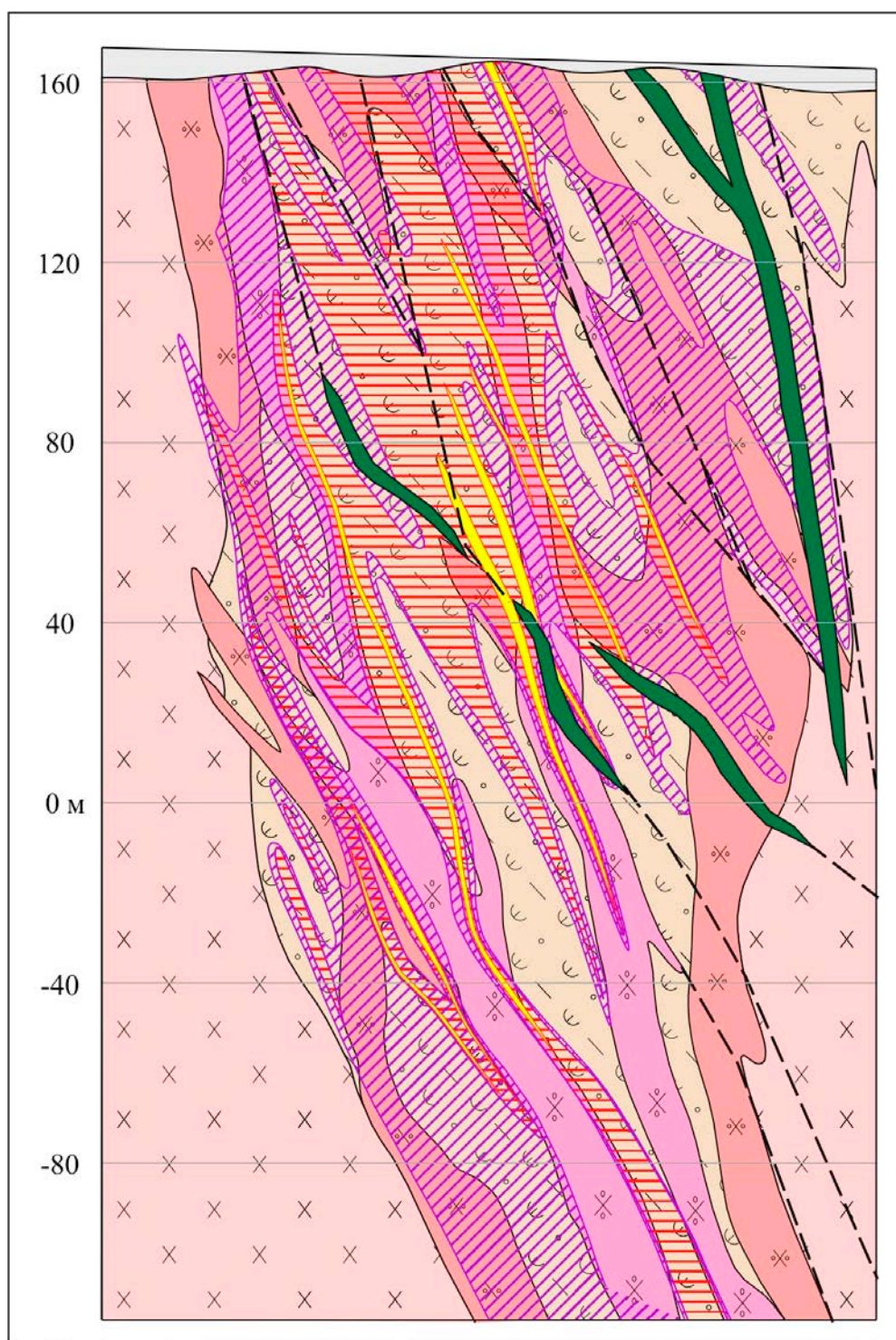
Автор исследовал данный тип оруденения только на начальных этапах изучения месторождения Петропавловское [Волчков, 2005ф], затем основной объем исследований этого типа проводил Р.Х. Мансуров совместно с другими специалистами ЦНИГРИ [Мансуров, 2007, 2009, 2011, 2013 и др.; Волчков, 2008ф]. Тем самым, представленная характеристика будет базироваться в том числе на материалах Р.Х. Мансурова.

Минерализованная зона месторождения Петропавловское сформирована в интенсивно тектонически проработанной области контакта массива диоритов собского интрузивного комплекса с породами рудовмещающей вулканогенно-осадочной тоупугольской толщи. Зона осложнена внедрением дайковых тел порфиритов диоритового и кварцдиоритового состава того же комплекса [Волчков, 2005ф, 2008ф]. Дайки имеют мощность от 20 – 25 до 60 м и склонение в восточных румбах (Рисунок 2.8).

Продуктивные метасоматиты хлорит-альбитового и альбитового состава месторождения Петропавловское тяготеют непосредственно к приконтактной области диорит-кварцдиоритового штока. Ореол их распространения практически соответствует площади месторождения (см. Рисунок 2.1, Рисунок 2.2). На фоне более поздних преобразований (зон «березитов») реликты альбитовых метасоматитов образуют линзовидные и овальные «пятна» шириной до первых десятков метров при протяженности десятки – сотни метров, тяготеющие к контактам даек порфировых диоритов. Суммарная мощность тел метасоматитов варьирует от 40 – 50 до 150 – 200 м, протяженность достигает 650 – 700 метров. Их ориентировка подчинена основным крутопадающим разрывным нарушениям.

Альбитизации подверглись все интрузивные и вулканогенные породы месторождения. При этом, по интрузивным породам образуются существенно альбитовые разности, а по вулканогенным — хлорит-альбитовые [Мансуров, 2013].





Условные обозначения см. Рисунок 2.7

Рисунок 2.8 — Схема строения месторождения Петровавловское и его минерализованной зоны на широтном разрезе (по материалам разведочных работ АО «Ямалзолото» и тематических работ ЦНИГРИ [Волчков, 2008ф])

Состав метасоматитов определяют новообразованный альбит (десятки процентов – до мономинеральных альбитовых метасоматитов), хлорит (до 15 – 20 %). Хлорит и альбит часто образует прожилковые и пятнистые выделения в менее преобразованных породах. Наибольшее раз-

витие хлорита характерно для краевых частей зон альбитовых изменений. В составе метасоматитов часто фиксируется кальцит, кварц, эпидот (до 5 %), сфен в основном в виде редких мелких пятнистых выделений и прожилков совместно с хлоритом и альбитом, отмечаются кристаллы апатита. Вместе с тем установлено [Волчков, 2008ф], что кварц и кальцит в альбитовых метасоматитах принадлежат более поздним «березитовым» изменениям, а сами альбитовые метасоматиты изначально бескварцевые.

Ореол хлорит-альбитовых метасоматитов имеет относительно выраженную зональность, установленную автором и специалистами ЦНИГРИ [Волчков, 2005ф] и уточненную Р.Х. Мансуровым [Мансуров, 2013, 2013ф и др.]. От внешних зон к внутренним выделяются: эпидот-кальцит-хлоритовая (внешняя пропилитовая) зона, пирит-хлорит-альбитовая (промежуточная) зона и пирит-альбитовая (внутренняя) зона (Рисунок 2.9).

Золоторудная зона повторяет, в целом, морфологию ореола хлорит-альбитовых и альбитовых метасоматитов, сформирована серией слившихся кулис и имеет в целом линзовидную в поперечном сечении форму, облекая тела диоритов и кварцевых диоритов и проникая в последние на расстояние, как правило, не более первых метров. Зона имеет штокверкоподобный характер осложняясь секущими линейными зонами «березитовых» изменений. Границы рудных тел устанавливались по данным опробования. Тесное сочетание ранних золотоносных хлорит-альбитовых и поздних золотоносных «березитов» затрудняет выделение в пределах минерализованной зоны месторождения отдельных рудных тел сопряженные с тем или иным типом изменений и определение их доли в общей золотоносности минерализованной зоны.

Промышленные рудные тела тяготеют к экзоконтактовым частям даек порфировидных диоритов и кварцевых диорит-порфиров. Мощность рудных тел достигает первых десятков метров, протяженность по падению — от первых десятков до первых сотен метров. Разобщенные рудные тела в центральной части минерализованной зоны образуют «ядро» суммарной мощностью до 100 м и протяженностью по падению 100 – 130 м и более. Падение золоторудных тел в целом аналогично падению контактов интрузивных тел и составляет 50 – 70° на восток.

Главным рудным минералом и основным носителем золота рассматриваемого типа руд является пирит. Подавляющая часть золотоносного пирита в рудах кристаллизуется одновременно с процессом альбитизации [Волчков, 2008ф]. Пирит образует прожилково-вкрапленную, прожилковую и крупноблочную форму выделений, реже отмечается в виде неравномерно рассеянной вкрапленности. Пирит достаточно часто содержит реликты пород, зерен ильменита и иногда магнетита.

Содержания пирита изменяются от первых процентов до 15 – 20 %, реже до 50 %, в среднем составляя 5 – 10 %. Помимо пирита, среди рудных минералов в метасоматитах присутствуют магнетит (~1 %), реже халькопирит, пирротин.



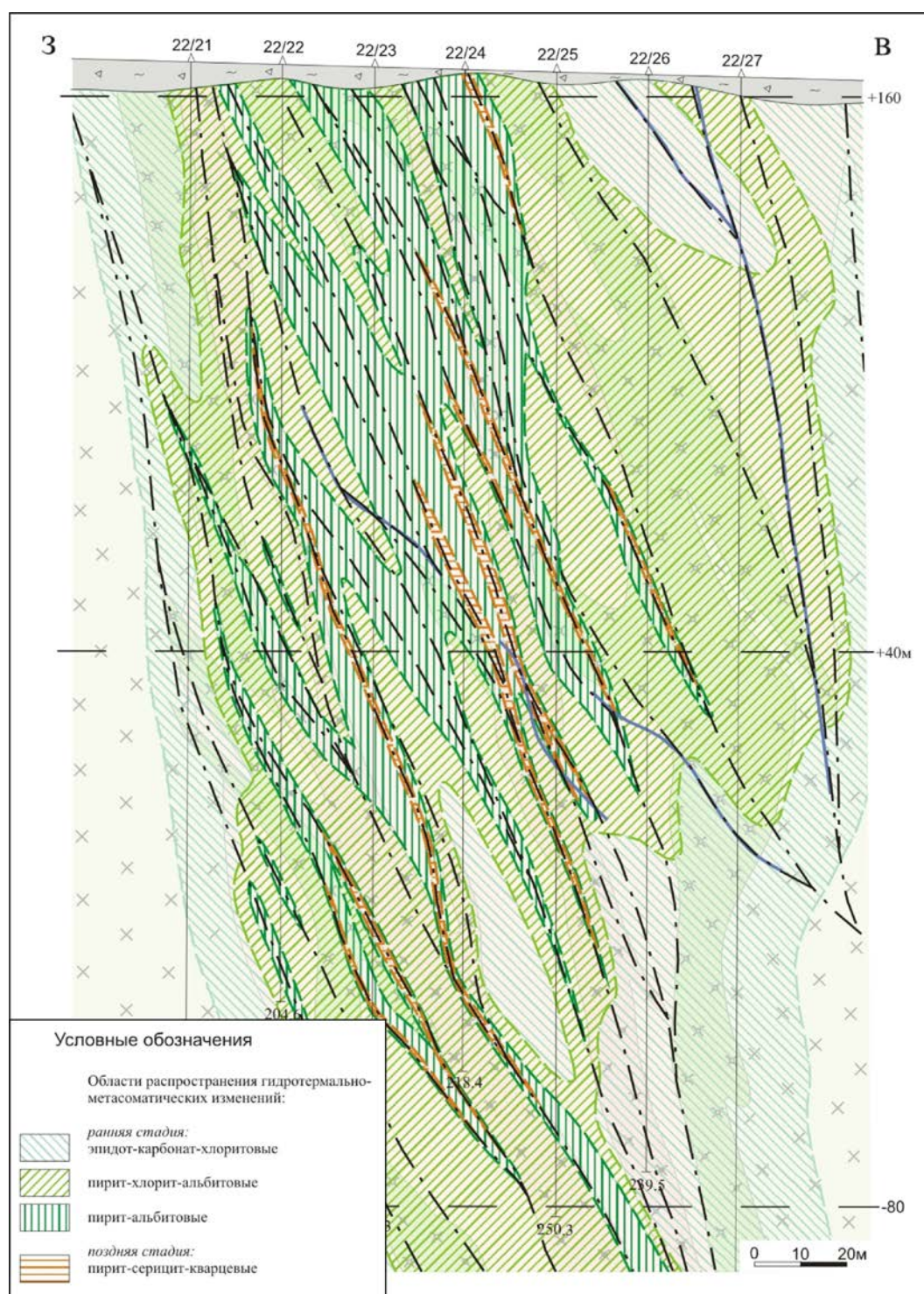


Рисунок 2.9 — Схема зональности золоторудных метасоматитов месторождения Петропавловское (по данным Р.Х. Мансурова [Мансуров, 2013ф])

Золотоносность золото-сульфидного прожилково-вкрапленного оруденения в хлорит-альбитовых метасоматитах определяется количеством пиритовой минерализации. Золото в пирите присутствует главным образом в виде субмикроскопических выделений в количестве от 5 до 50 г/т, в среднем около 30 г/т. Видимое микроскопически золото наблюдается крайне редко и приурочено к глубоким горизонтам разреза (). Пробность золота по данным рентгеноспектрального микроанализа достаточно высокая, составляет 836 – 870 ‰.

Количество пирита (и соответственно золота) зависит от состава метасоматитов — чем более альбитизированы породы и чем меньше в них хлорита, тем интенсивнее прожилково-вкрапленная пиритовая минерализация. Наиболее золотоносны так называемые «пирит-альбитовые метасоматиты» с долей пирита до 25 – 35 %, содержащие концентрации золота более 2 – 3 г/т [Мансуров, 2009, 2011 и др.]. Хлорит-альбитовые изменения сопровождаются концентрациями золота порядка 0,3 – 1 г/т. По мнению автора и коллег, масштабы и интенсивность проявления альбитизации и сопутствующая ей интенсивная сульфидизация определяют уровень золотоносности руд Петропавловского месторождения [Волчков, 2008ф; Андреев, 2016].

Изотопные исследования показали, что значения  $\delta^{34}\text{S}$  пирита группируются в области от  $-0,5$  до  $+0,5$  ‰ и повышаются на некоторых участках до  $+1,7$  ‰. В среднем сульфидная минерализация хлорит-альбитовых метасоматитов Петропавловского месторождения по изотопному составу серы близка к сульфидам скарновых руд месторождения Новогоднее-Монто. По результатам рентгеноспектрального микроанализа установлено, что золотоносный пирит хлорит-альбитовых метасоматитов содержит изоморфную примесь кобальта, что так же сближает его с золотоносным пиритом скарновых руд. Исследование вторичных газово-жидких включений в кварцевых диоритах показали, что руды образованы из хлоридных растворов с температурой около  $380$  °C [Волчков, 2008ф], что близко к температурам завершения «скарновой» стадии на месторождении Новогоднее-Монто.

Как уже отмечалось, оруденение рассматриваемого типа на месторождении Петропавловское по ряду элементов геологического строения, а также вещественного состава и зональности руд и околорудных изменений близко к оруденению золото-порфирового типа [Андреев, 2001<sup>2</sup>; Волчков, 2008ф; Мансуров, 2009, 2011 и др.]. Помимо пространственной ассоциации рудных тел с интрузивными телами порфировых фаз, к этим элементам относятся штокверковый характер золоторудной минерализации; объемный характер рудно-метасоматической зональности и рисунка распределения рудных концентраций; концентрическая концентрационная зональность в распределении полезного компонента в пределах рудоносного штокверка; максимальное развитие слабопродуктивной пиритовой минерализации на флангах и периферии рудных тел.

На месторождении Новогоднее-Монто, как было отмечено в начале раздела, хлорит-альбитовые метасоматиты и ассоциирующая с ними золотоносная минерализация распространены ограниченно: в эндо-экзоконтактной части массива диоритов собского комплекса в области внедрения тел порфировидных диоритов и в приконтактных частях даек диорит- и кварцевых диорит-порфировитов вскрытых на нижних уровнях и флангах месторождения. Концентрации золота здесь не формируют промышленных рудных тел.

Наиболее близким по составу рудовмещающих метасоматитов к месторождению Петропавловское в пределах Тоупугол-Ханмейшорского рудного узла являются рудопроявления Ханмейшорского рудного поля — северная часть участка Аномальный и участок Ханмейшорский. Здесь проявлена аналогичная связь золото-сульфидной минерализации, имеющей промышленные параметры, с хлорит-альбитовыми метасоматитами, приуроченными к эндо-экзоконтактам тел порфировидных диоритов и кварцевых диорит-порфиров. В пределах участка Ханмейшорский с порфировыми дайками ассоциирует также и медная минерализация порфирового типа.

Близкая геологическая позиция оруденения золото-сульфидно-магнетитового скарнового типа месторождения Новогоднее-Монто и золото-сульфидного в хлорит-альбитовых метасоматитах месторождения Петропавловское, близкие температуры их образования, состав минерализации и характеристики золота, по мнению автора и ряда специалистов ЦНИГРИ, могут свидетельствовать о том, что эти типы руд являются образованиями единого этапа развития рудно-магматической системы Новогодненского рудного поля, а рудовмещающие метасоматиты — являются фаціальными аналогами, образовавшимися в карбонатсодержащей и бескарбонатной среде, соответственно [Андреев, 2016]. Сходные по составу метасоматиты на железоскарновых месторождениях часто относят к внешним зонам скарнообразования [«Железорудные ...», 1989], однако информации о их золотоносности недостаточно.

### 2.2.3. Оруденение золото-сульфидно-кварцевого типа

Оруденение золото-сульфидно-кварцевого жильно-прожилкового типа локализовано в субвертикальных маломощных (до нескольких метров) зонах хлорит-кальцит-кварц-серицитовых метасоматитов переменного состава, условно называемых автором «березитами», с мало-сульфидными кварц-кальцитовыми прожилками и линзовидными и жильными телами кварца в осевых частях.

Данный тип оруденения — первый установленный в пределах Тоупугол-Ханмейшорского рудного узла тип золотоносных образований [Мокрый, 1993ф; Гаптулкадыров, 1999ф]. Его изучением в пределах месторождения новогоднее-Монто, кроме автора и других специалистов ЦНИГРИ [Черемисин, 2000; Андреев, 2001<sup>2</sup>], занималось множество исследователей [Дьяконов, 2001; Карелина, 2001, 2002<sup>1</sup>, 2002<sup>2</sup>; Григорьев, 2003<sup>1</sup>, 2003<sup>2</sup>; Силаев, 2003<sup>1</sup>, 2003<sup>2</sup> и другие]. Уже на ранних стадиях изучения были установлены основные морфологические особенности строения золотоносных зон, их состав и набор рудных минералов (пирит, халькопирит, галенит, теллуриды) [Черемисин, 2000]. Последующими исследованиями уточнялись некоторые детали состава рудной минерализации, в том числе пробность золота [Григорьев, 2003<sup>1</sup>, 2003<sup>2</sup>], структур-



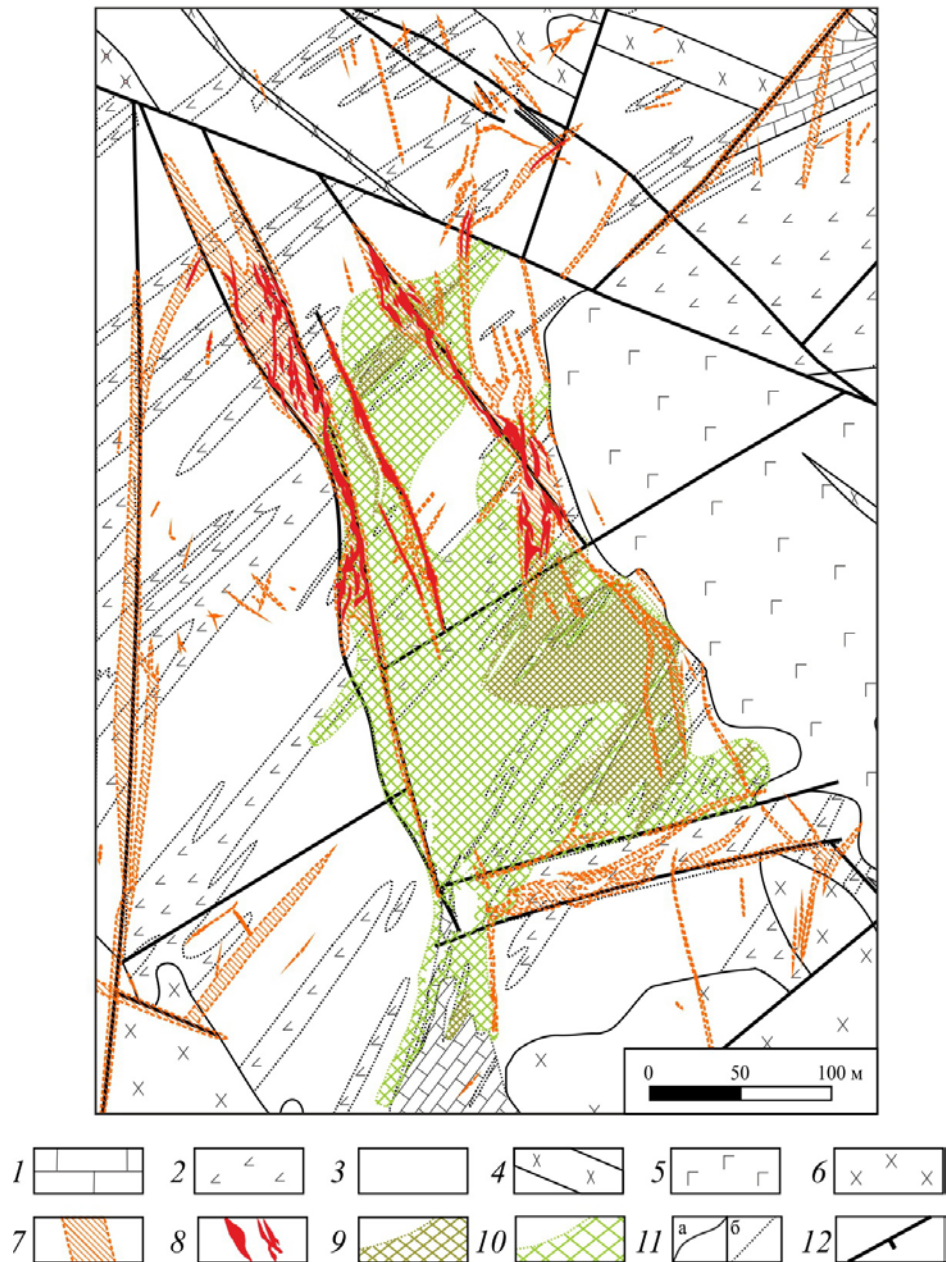
ные особенности «зон» (изученные автором) [Волчков, 2001ф], а после опробования зон с поверхности ОАО «ЯГК», автором были установлены особенности локализации данного типа оруденения на основе составленных им детальных планов фрагментов зон, вскрытых с поверхности расчистками.

Стоит отметить, что в начале изучения месторождения Новогоднее-Монто некоторыми исследователями (в частности Е.В. Карелиной [Карелина 2002<sup>1</sup>]) данный тип рассматривался, как главный тип оруденения и было рекомендовано проводить дальнейшие поиски именно зон «березитов». С этим не были специалисты ЦНИГРИ, учитывая маломощности зон золотоносных «березитов» и неравномерное распределения в них концентраций золота [Черемисин, 2000], изначально было предположено, что промышленную значимость этот типа оруденения может иметь только в совокупности с «объемным» золото-сульфидно-магнетитовым типом. Последующие исследования автора и результаты разведки месторождения Новогоднее-Монто полностью подтвердили предположения специалистов ЦНИГРИ [Волчков, 2005ф].

Данный тип оруденения проявлен и на месторождении Петропавловское, где также имеет подчиненное значение при ведущей роли золото-сульфидного типа оруденения [Волчков, 2008ф; Лючкин, 2009ф; Мансуров, 2013].

Рудовмещающие «березитовые» метасоматиты относятся к поздним гидротермально-метасоматическим преобразованиям, сформированным на завершающих этапах развития рудно-магматической системы Новогодненского рудного поля. Они накладываются на все предшествующие типы измененных пород по системам разрывных нарушений субмеридионального, северо-северо-западного и северо-западного направлений, реже — по северо-восточным разломам. По своей морфологии они относятся к крутопадающим жильно-прожилковым зонам. Мощность зон «березитов» колеблется от первых сантиметров до десятков сантиметров, при суммарной мощности в зонах трещиноватости до первых десятков метров, а протяженность — от первых десятков метров до первых сотен метров.

На месторождении Новогоднее-Монто линейные зоны «березитов» с оруденением золото-сульфидно-кварцевого типа локализованы в полосе шириной до 180 м, которая прослежена на 1 км в северо-северо-западном направлении вкрест простирания пород тоупугольской толщи (см. Рисунок 2.1, Рисунок 2.2, Рисунок 2.10). Зоны контролируются разломами оперяющими их разрывными нарушениями. Полоса включает серию линейных зон, северо-западного – субмеридионального простирания представляющих собой кулисно построенные системы трещин (левосторонние кулисы), сопровождающиеся оперениями, отходящими от основных зон под углами 10 – 20° в плане в северо-западном и юго-восточном направлениях. Падение зон и отдельных оперяющих трещин крутое, восток-северо-восточное.



1 — известняки, 2 — андезитобазальты, 3 — вулканогенно-осадочные породы, 4 — монцодиориты, 5 — габбро-долериты, 6 — диориты, кварцевые диориты, 7 — зоны «березитизации», 8 — их внутренние золотоносные части, 9 — скарны, 10 — скарнированные породы, 11 — геологические границы (а), фациальные границы (б), 12 — разрывные нарушения

Рисунок 2.10 — Схема размещения зон «березитов» месторождения Новогодное-Монто (на основе плана месторождения — Рисунок 3.2)

Зоны включают системы сближенных жилообразных тел окислительных и рудоносных метасоматитов к осевым частям которых приурочены маломощные невыдержанные линзовидные и жильно-прожилковые тела метасоматического кварца. Мощность тел метасоматитов варьирует от 1 до 10 м, протяженность по простиранию от 100 до 600 м, падение крутое. Метасоматиты прослежены по падению на глубину свыше 250 м. Наиболее значимые зоны расположены в северной части месторождения, где скарновые и скарново-магнетитовые залежи выклиниваются.

С севера и юга субмеридиональные зоны пересекаются и ограничиваются субширотными разрывами. На флангах месторождения «березиты» развиты менее интенсивно, они контролируются нарушениями северо-восточного и северо-западного простирания и практически не несут золотого оруденения.

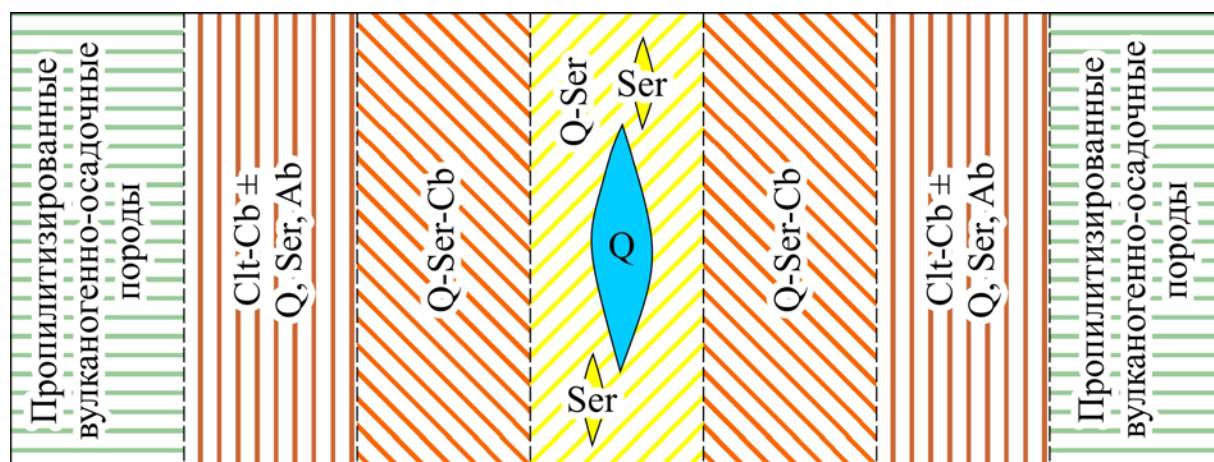
Подробная характеристика зон «березитов» с золото-сульфидно-кварцевым оруденением месторождения Новогоднее-Монто представлена в Главе 3.

На месторождении Петропавловское зоны «березитов» с сульфидно-кварцевой жильно-прожилковой минерализацией приурочены, как правило, к зонам развития хлорит-альбитовых и альбитовых метасоматитов имея те же ограничения в пространстве (см. Рисунок 2.9). Высокая интенсивность «березитовых» преобразований на этом месторождении определяется, в первую очередь, обилием северо-западных крутопадающих нарушений в сочетании со слабее выраженными субширотными. Из-за обилия таких зон метасоматитов и их сближенности внутреннее строение отдельных зон не всегда отчетливо проявлено. Ширина ореола изменений этого типа на Петропавловском месторождении оценивается по разведочным материалам в 350 – 400 м, протяженность на поверхности не менее 700 – 800 м, глубина — до 300 и более метров [Волчков, 2008ф]. Мощность отдельных зон изменений колеблется в очень широких пределах, от первых сантиметров до первых десятков метров. В пространстве они образуют кулисную систему с не всегда четкими ограничениями.

Жильная минерализация зон «березитов» на месторождениях представлена прожилками, линзами и жилами кварцевого, кальцит-(серицит)-кварцевого составов. Мощность отдельных жил и жильно-прожилковых зон колеблется от первых сантиметров до десятков сантиметров-первых метров в раздувах, при протяженности от первых метров до десятков (реже сотен) метров.

Минеральный состав и детали зональности зон «березитов» определяются составом исходных пород. Наиболее значительной переработке подвергаются пирокластические породы, наименее — субвулканические и интрузивные. В строении зон выделяются, иногда отчетливо, внутренняя зона кварцево-слюдистого или существенно кварцевого состава с обильной вкрапленностью пирита; промежуточная — кварцево-слюдисто-кальцитовая и внешняя — существенно хлоритовая (Рисунок 2.11).

Типоморфными минералами являются кварц, серицит, кальцит, пирит, хлорит. Второстепенные — альбит, сфен. В зонах дробления в тектонической глинке появляются смектиты, в некоторых пробах установлен пиррофиллит. В ассоциации со смектитом часто находятся цеолиты. На месторождении Новогоднее-Монто в рудоносных кварцевых прожилках иногда отмечаются железистые карбонаты, которые образуют каймы и оторочки по периферии скоплений и прожилков рудных минералов [Черняев, 2005ф], для Петропавловского месторождения характерен только кальцит [Волчков, 2008ф].



метасоматиты: Q-Ser - кварц-серицитовые, Q-Ser-Cb - кварц-серицит-кальцитовые, Clт-Cb ± Q, Se, Ab - хлорит-кльцитовые с переменным количеством кварца, серицита, альбита;  
Q - линзы метасоматического кварца, Ser - линзы существенно серицитовых метасоматитов

Рисунок 2.11 — Принципиальная схема зональности зон «березитов» (по данным автора)

На месторождении Петропавловское весьма широко распространены так называемые кварцевые брекчии, представляющие участки окварцевания с обломками в разной степени измененных пород вплоть до их полного окварцевания с образованием брекчиевидных структур, в целом доля кварца в составе зон «березитов» на месторождении Петропавловское больше (до 75 %, в т.ч. жильный 40 %), чем на месторождении Новогоднее-Монто, при этом серицита меньше — 5 – 6 % [Волчков, 2008ф].

Прожилково-вкрапленная сульфидная минерализация составляет в минерализованных зонах месторождения Новогоднее-Монто не более 10 %, на месторождении Петропавловское ее количество еще меньше — редко превышает 1 – 1,5 %. Главный рудный минерал — пирит, который приурочен к микротрещинкам и отмечается в виде гнезд, цепочек и прожилков. Для месторождения Петропавловское характерен халькопирит, образующий обычно микроскопические включения в пирите, неправильные выделения на контакте пиритовых скоплений, а также самостоятельно выраженные и прожилковые выделения в измененных породах, на месторождении Новогоднее-Монто он редок. Редким, но достаточно характерным для этих руд минералом является галенит. Встречаются также гематит, редкие зерна сфена, лейкоксена, арсенопирита.

Самородное золото рассматриваемого типа руд в виде мельчайших частиц локализовано в пирите, галените, редко в халькопирите, отлагается также в кварце и хлорите. Золото имеет существенную примесь Ag, т.е. является низкопробным [Андреев, 2006].

Наиболее богатые руды тяготеют к внутренним частям тел «березитов» (к кварцевой или кварц-серицитовой зоне) (см. Рисунок 2.11). Средние содержания золота в «березитах» месторождения Новогоднее-Монто 2,5 – 3,7 г/т для рудных тел, выделенных по бортовому содержанию золота 1 г/т, месторождения Петропавловское — 1,0 – 1,5 г/т. Во внешних зонах содержания

золота снижаются до 0,4 – 0,5 г/т. В целом, зоны «березитов» характеризуются относительно низкими средними содержаниями золота при весьма неравномерном распределении металла.

Максимальная длина золоторудных зон меридионального простираения на месторождении Новогоднее-Монто достигает 400 м (зона «Разведочная»), при этом промышленные рудные тела в них достигают длины 50 – 150 м по простираению при мощности 1,3 – 2,0 м. В раздувах мощность тел метасоматитов может достигать 8 – 10 м.

Золотоносный пирит «березитов» заметно обогащен легким изотопом серы, при этом модальное значение  $\delta^{34}\text{S}$  пирита обоих месторождений близко, что с учетом других минералогических и геохимических характеристик позволяет провести аналогию «березитовых» зон обоих объектов [Волчков, 2008ф].

По флюидным включениям в жильных минералах (кварце и кальците) было установлено, что «березиты» сформированы относительно низкотемпературными (от 270 до 200 °С) щелочно-кальциево-хлоридными растворами при давлении около 300 бар. Завершают минералообразующий процесс кальцит-кварцевые прожилки, пересекающие жильный кварц — 150 – 165 °С. Тем самым, температуры формирования «березитов» и сопряженной с ними золото-сульфидно-кварцевой минерализации проходило в интервале температур 270 – 150 °С. Согласно с принятыми представлениями и в соответствии с наблюдаемыми взаимоотношениями минералов, осаждение сульфидов в «березитах» происходит на фоне возрастания щелочности после отложения основной массы серицита и кварца [Андреев, 2006; Двуреченская, 2007].

Минерализация рассматриваемого типа в ходе поисковых работ была выявлена в пределах большинства перспективных участков Тоупугол-Ханмейшорского рудного узла как в сочетании с золото-сульфидно-магнетитовыми рудами «новогодненского типа» — участки Караченцева, Тоупугольский и др., так и золото-сульфидными в хлорит-альбитовых метасоматитах «петропавловского типа» — наиболее проявлены на северном и южном флангах месторождения Петропавловское: участки Западный и Южный.

В составе жильно-прожилковых руд месторождений Новогоднее-Монто и Петропавловское кроме всего прочего присутствуют так называемые «бонанцы» — спорадически обнаруживаемые участки с аномально высокими (более 100 г/т) концентрациями золота в кварцевых жилах. Мощность таких богатых участков составляет 1 – 2 м, реже 3 – 5 м, протяженность — от первых метров до первых десятков метров. По составу минерализации она ничем не отличается от рядовых руд (пирит, галенит), однако в составе этой минерализации автором совместно со специалистами ЦНИГРИ (С.Г. Кряжев и С.С. Двуреченская) [Волчков, 2005ф, Андреев, 2006; Двуреченская, 2007] была обнаружена золото-теллуридная минеральная ассоциация. Она закономерно присутствует в пробах из аномально обогащенных золотом участков жил, и прожилков



метасоматического кварца во внутренних частях наиболее тектонизированных и гидротермально проработанных зонах окварцевания.

Этот тип минерализации представлен главным образом, алтаитом, петцитом, гесситом, находящимися в ассоциации с самородным золотом. Минерализация имеет прожилково-вкрапленный и гнездовый характер и приурочена к микротрещинам исключительно в кварце. Теллуриды месторождения Новогоднее-Монто незначительно отличаются по микропримесям от теллуридов Петропавловского месторождения. В связи с редкостью проявления данной минеральной ассоциации масштабы ее распространения и доля в балансе месторождении не определены, скорее незначительны. Вниз по разрезу минерализованных зон на глубину свыше 150 м от современной поверхности теллуридная минерализация обнаружена не была. Пробность золота теллуридной ассоциации колеблется в пределах 830 – 870 ‰. Пирит, ассоциирующий с теллуридными минералами по изотопному составу серы отличается от пирита «березитов». Для него характерны аномально отрицательные значения  $\delta^{34}\text{S}$  — от (-2,5) до (-4,5) ‰.

Отмечено, что все без исключения участки развития теллуридов в кварце характеризуются присутствием смектитов в окружающих измененных породах. Наблюдаемая закономерность позволяет связать смектиты с заключительной низкотемпературной стадией рудообразующего процесса — аргиллизитового типа.

Достоверно не установлены причины образования аномально золотоносных участков минерализованных зон. У автора и специалистов ЦНИГРИ есть две версии такого обогащения: 1) поступление новой порции обогащенных золотом растворов в самом конце периода рудообразования, что в частности подтверждается изотопным составом сульфидов сопровождающими золото-теллуридную минерализацию; 2) формирование обогащенных участков вызвано воздействием более поздней тектоно-магматической активизации (конгорский и малоханмейский интрузивные комплексы), вследствие которой происходило перераспределение золота с возникновением зон наиболее богатых руд с концентрациями золота до 200 г/т. Учитывая незначительное количество данных по условиям локализации обогащенных участков, доказательная база для подтверждения или опровержения той или иной версии в настоящее время отсутствует.

#### 2.2.4. Второстепенные типы рудной минерализации

В ходе поисковых, геолого-съемочных и тематических работ разных лет в пределах Новогодненского рудного поля и Тоупугол-Ханмейшорского рудного узла были также выявлены признаки ряда других типов золотосодержащей минерализации, такие как золото-сульфидная (пиритовая) прожилково-вкрапленная послойная стратоидная, золото-сульфидная прожилково-вкрап-

ленная в карбонатных и терригенных породах, золото-молбден-меднопорфировая, не получившие пока подтверждения своей промышленной значимости [Мокрый, 1993ф; Прямоносков, 1994; Гаптулкадыров, 1999ф; Черемисин, 2000; Андреев 2001<sup>2</sup>, 2002].

**Стратоидная прожилково-вкрапленная сульфидная (пиритовая) золотосодержащая минерализация** [Черемисин, 2000] установлена в вулканомиктовых и флишоидных породах силура и девона. Этот тип минерализации в пределах рудного узла проявлен относительно слабо. Он представлен равномерно распределенной обильной тонкодисперсной вкрапленностью (участками образующей сплошные тонкозернистые агрегаты) и микропрожилками пирита. Минерализация этого типа демонстрирует явно выраженное послойное распределение. В то же время, какие-либо определенные стратиграфические уровни ее локализации не установлены. В целом, особенности распределения сульфидной минерализации данного типа позволяют предполагать ее сингенетичность накоплению вмещающих осадков. Содержания золота здесь не превышают десятых долей г/т.

Признаки **золото-сульфидной прожилково-вкрапленной минерализации «воронцовского типа»** [Мокрый, 1993ф, Черемисин, 2000, Андреев, 2002] выявлены в карбонатных породах тоупугольегартской толщи среднего-верхнего девона к северу от месторождения Новогоднее-Монто. Здесь присутствуют зоны сульфидной прожилково-вкрапленной минерализации (до 5 – 10 % пирита, редко халькопирита) в известняках. По данным В.Д. Мокрия (ПУГРЭ), мощность зон составляет первые метры – первые десятки метров. В ряде случаев сульфидная минерализация присутствует и в залегающей на известняках терригенной части разреза. Выборочное опробование сульфидизированных известняков, выполненное при разведке строительного камня, выявило повышенные содержания золота — от десятых долей до 1 – 2 г/т [Мокрый, 1993ф]. По данным геологов АО «ЯГК», отмечается приуроченность золотоносной сульфидизации к участкам брекчирования известняков. В шлихах из глинисто-песчаной массы коры выветривания по таким известнякам выявлены знаки самородного золота, а также зерна пирита, магнетита, галенита [Риндзюнская, 2004ф].

Анализ имеющихся данных позволил автору наметить основные черты пространственного распространения золотосодержащей сульфидной минерализации в средне-верхнедевонском карбонатно-терригенном разрезе [Андреев, 2002]. Предполагается преимущественная приуроченность сульфидной минерализации к контактам различных литологических разностей. Такая тенденция отмечена в контактовых частях карбонатной и терригенной частей разреза, а также на контактах литологических разностей известняков. Кроме того, выявляются элементы приуроченности сульфидной минерализации к поясу даек диабазов малоханмейского комплекса, прорывающих известняки. В участках пересечения сульфидной минерализации дайками диабазов намечаются раздувы мощности и фиксируются повышенные концентрации золота.

Таким образом, в качестве основного рудоконтролирующего элемента золоторудной минерализации такого типа может рассматриваться зона контакта известняков и перекрывающих их терригенных отложений. Условия локализации рассматриваемой минерализации сопоставимы по мнению А.А. Черемисина [Черемисин, 2000] с условиями локализации прожилково-вкрапленных руд Воронцовского месторождения Северного Урала. Однако, по мнению автора, большинство наблюдаемых факторов указывают, что накопление золота в породах молодой тоупугольегартской толщи связано с ремобилизацией рудного вещества из вмещающей золотое оруденение тоупугольской толщи поздними магматогенно-активизационными процессами, происходившими в позднедевонско-триасовое время. Широкого площадного развития данной минерализации и ее промышленной перспективности при последующей заверке бурением АО «Ямал-золото» не установлено.

**Золото-молибден-меднопорфировая минерализация** установлена в массиве кварцевых диоритов собского комплекса по бортам реки Мал. Ханмей, ручья Ханмейшор скважинами поискового бурения [Прямоносков, 1994ф; Гаптулкадыров, 1999ф]. Минерализация представлена прожилково-вкрапленной сульфидизацией в маломощных зонах (первые метры) метасоматических изменений. Содержания золота в таких зонах не превышает десятых долей г/т. Содержания меди составляют 0,5 – 1 %, молибдена 0,002 % (Малоханмейское проявление). В отдельных пунктах минерализации этого типа установлены высокие содержания серебра (29 г/т — проявление скв. 7-384).

Наиболее изученным на данный момент объектом с минерализацией данного типа является Ханмейшорское рудопоявление, расположенное в среднем течении ручья Ханмейшор. На площади проявления проводилось поисковое бурение в рамках нескольких поисковых проектов [Прямоносков, 1994ф; Гаптулкадыров, 1999ф, Перминов, 2002ф]. Проявление представлено серией крутопадающих кулисообразных зон мощностью от первых метров до 100 – 150 м с прожилково-вкрапленной сульфидной (существенно пиритовой) минерализацией в кварц-кальцитовых прожилках и сопровождающих кварц-полевошпатовых и кварц-кальцит-хлорит-серицитовых метасоматитах. Наряду с пиритом в небольших количествах присутствуют гематит, халькопирит, галенит, сфалерит. По данным опробования, золоторудные тела располагаются локально в участках повышенного содержания сульфидов. Так, скважиной Р-5 вскрыт интервал «пористых» кварц-полевошпатовых метасоматитов мощностью 10,8 м со средним содержанием золота 2,4 г/т (1,6 – 3,0 г/т).

Близкое пространственное положение золоторудных проявлений и проявлений меднопорфирового типа характерно и для других частей Малоуральского ВПП. Наиболее показательным такое соседство в пределах Таньюско-Лагортинского потенциального рудного района в южной

части ВПП — наиболее перспективной площади для постановки новых поисковых работ на золотое оруденение на Полярном Урале [Андреев, 2021]. Здесь наряду с многочисленными перспективными участками с золото-сульфидно-кварцевой минерализацией присутствуют объекты медно-порфирового типа (рудопроявления Элькошорское, Янаслорское) [Кучерина, 1991ф], однако промышленный потенциал этих рудопроявлений оценен отрицательно [Кривцов, 2010ф], по причине низких содержаний основного рудного компонента — меди и сравнительно небольших объемов оруденения. Подобная же пространственная ассоциация золоторудных и, как правило непромышленных, медно-порфировых объектов отмечается и для других районов Урала — например, комплексные Воронцовский и Варваринской рудные узлы [Барышев, 1991ф].

**Россынеобразующий** потенциал объектов всех рассмотренных типов не велик, т.к. несмотря на преимущественно свободную форму нахождения золота в рудах, мелкие размеры золотин препятствуют его аккумуляции [Риндзюнская, 2004ф; 2005ф].

\* \* \*

На основании представленных материалов по геологической позиции, наблюдаемым пространственно-временным соотношениям, составу, изотопным и физико-химическим характеристикам выделенных типов золотых руд Новогодненского рудного поля можно утверждать, что они являются продуктами развития единой рудообразующей магматогенно-гидротермальной системы, связанной со становлением собского интрузивного комплекса и развивающейся в две стадии.

Подробнее генетические аспекты образования руд Новогодненского рудного поля рассмотрены в Главе 4 настоящей работы, в данном разделе приводится их краткий обзор и таблица сравнения параметров руд, установленных на месторождениях Новогоднее-Монто и Петропавловское (Таблица 2.1).

Таблица 2.1 — Основные параметры типов золотого оруденения Новогодненского рудного поля [Андреев, 2016], с дополнениями

| Параметры                                                                 | Золото-сульфидно магнетитовый                                                                                                                                                                                                                          | Золото-сульфидный                                                                                                                                                                                 | Золото-сульфидно-кварцевый                                                                                                                                                                                           |
|---------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 1. Рудовмещающие стратифицированные образования                           | вулканогенно-осадочные породы андезито-базальтового состава с линзами и рифовыми постройками мраморизованных известняков                                                                                                                               | вулканогенно-осадочные породы с редкими маломощными прослоями и линзами карбонатных пород                                                                                                         |                                                                                                                                                                                                                      |
| 2. Интрузивные образования                                                | штокообразный массив диоритов, кварцевых диоритов, тоналитов; дайки диорит-, кварцевых диорит-порфиритов                                                                                                                                               |                                                                                                                                                                                                   |                                                                                                                                                                                                                      |
| 3. Структурная позиция                                                    | экзоконтактовая и надынтрузивная области штокообразного массива диоритов, осложненная выступами и апофизами; локальные разрывы, пологие и крутые зоны трещиноватости, антиклинальные и флексурные перегибы рудовмещающей карбонатсодержащей толщи      | интенсивно тектонически дислоцированная экзоконтактовая область штокообразного интрузивного массива диоритов, осложненная выступами и апофизами; пояса даек диорит- и кварцевых диорит-порфиритов | субвертикальные зоны трещиноватости и расщепления в вулканогенно-осадочных породах и на контактах даек пестрого состава                                                                                              |
| 4. Сопровождающие метасоматические изменения                              | инфильтрационные известковые скарны; зоны гидратации скарнов с развитием хлорита, эпидота, актинолита, кальцита, кварца                                                                                                                                | хлорит-альбитовые и альбитовые метасоматиты с подчиненным количеством кварца и кальцита                                                                                                           | линейные зоны кварц-кальцит-серицитовых метасоматитов («березитов») с кварцевыми прожилками и осевыми жилами                                                                                                         |
| 5. Минеральный состав руд                                                 | <u>главные</u> - магнетит, пирит, кобальтин, халькопирит; <u>второстепенные</u> – пирротин, арсенопирит, сфалерит, марказит, гематит; <u>породообразующие и жильные минералы</u> : гранат, пироксен, эпидот, хлорит, актинолит, альбит, кварц, кальцит | <u>главные</u> : пирит; <u>второстепенные</u> : магнетит, халькопирит, гематит, пирротин; <u>породообразующие и жильные минералы</u> : хлорит, альбит, кальцит, кварц, эпидот                     | <u>главные</u> : пирит; <u>редкие</u> : халькопирит, галенит, гематит, теллуриды (алтаит, петцит, гессит и др.), антимонит; <u>породообразующие и жильные минералы</u> : кварц, серицит, кальцит, хлорит, гидрослюда |
| 6. Сонахождение самородного золота с минералами, химический состав золота | Au высокопробное – 900–990 ‰ (в ассоциации с магнетитом и кобальтином); средней пробности – 760–880 ‰ (в ассоциации с пиритом, кварцем, хлоритом)                                                                                                      | Au средней пробности — 836-870 ‰ в ассоции с пиритом, альбитом, хлоритом                                                                                                                          | Au сверхтонкое низкопробное обогащенное Ag (в ассоциации с пиритом, халькопиритом, галенитом); средней пробности 830–860 ‰ (в ассоциации с теллуридами и кварцем)                                                    |
| 7. Изотопный состав серы золотосульфидов                                  | $\delta^{34}\text{S} +0,5 - +2,5 \text{ ‰}$                                                                                                                                                                                                            | $\delta^{34}\text{S} 0 - +2 \text{ ‰}$                                                                                                                                                            | $\delta^{34}\text{S} 0 - -2 \text{ ‰}$ (до -5 ‰ в золото-теллуридной ассоциации)                                                                                                                                     |
| 8. Температура формирования                                               | 600-450 °C → 350 °C                                                                                                                                                                                                                                    | 380° → 300 °C                                                                                                                                                                                     | 270 °C → 130 °C                                                                                                                                                                                                      |
| 9. Морфология рудных тел                                                  | линзовидные и субпластовые залежи, реже — жилкообразные тела                                                                                                                                                                                           | штокверкоподобные линейные и изометричные прожилково-вкрапленные минерализованные зоны                                                                                                            | линейные жильно-прожилковые минерализованные зоны небольшой мощности                                                                                                                                                 |
| 10. Примеры объектов в пределах рудного узла                              | месторождение Новогоднее-Монто; проявления: участки Караченцева, Аномальный, Топугольский                                                                                                                                                              | месторождение Петропавловское; проявления: участки Западный, Ханмейшорский, Аномальный                                                                                                            | месторождения Новогоднее-Монто и Петропавловское; проявления: участки Западный, Карьерный                                                                                                                            |



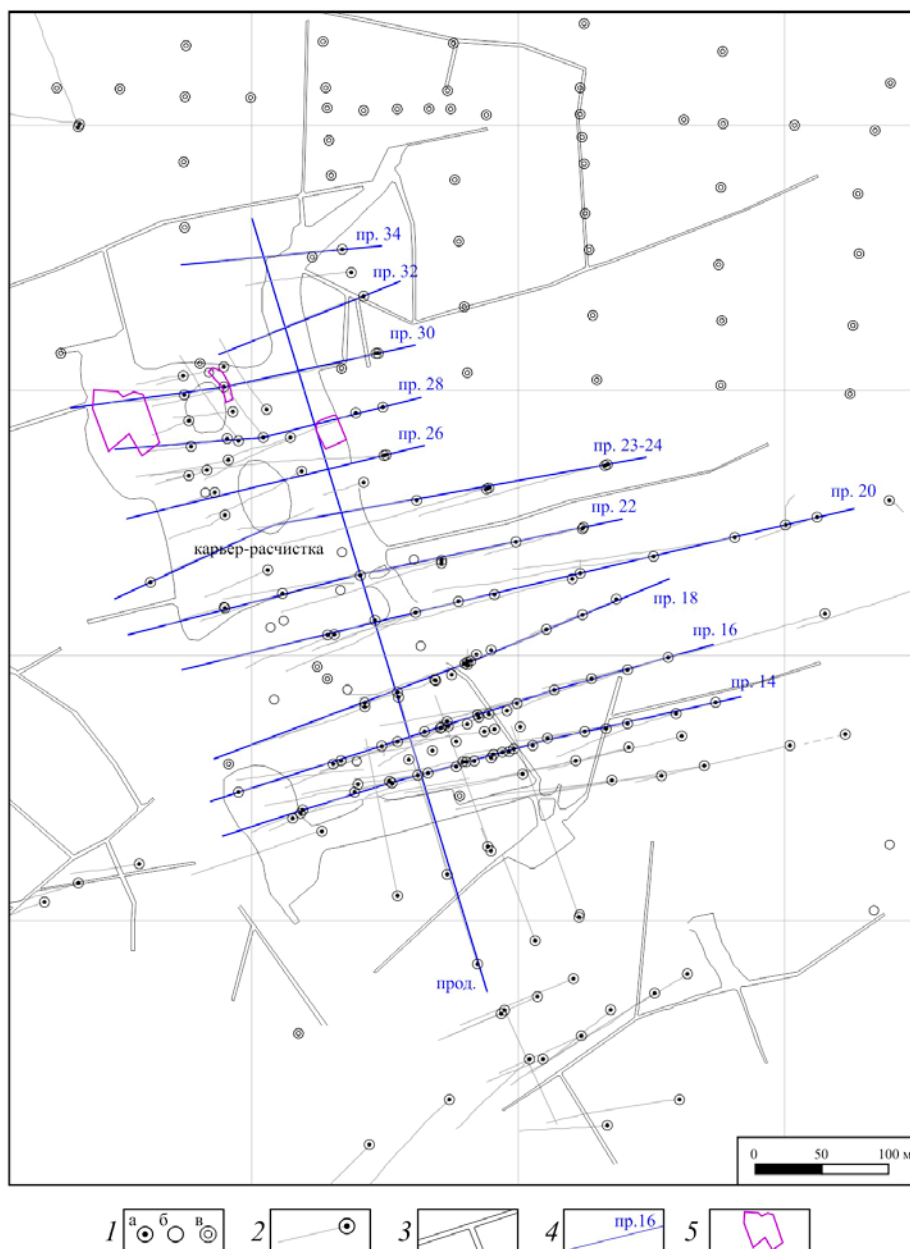
### ГЛАВА 3. ДЕТАЛЬНАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА ГЕОЛОГИЧЕСКОГО СТРОЕНИЯ И РУД МЕСТОРОЖДЕНИЯ НОВОГОДНЕЕ-МОНТО, КАК ЭТАЛОННОГО ЗОЛОТОРУДНОГО ОБЪЕКТА

Месторождение золота Новогоднее-Монто является наиболее изученным с поверхности и на глубину «базовым» объектом Новогодненского рудного поля и Тоупугол-Ханмейшорского рудного узла в целом. Месторождение расположено в восточной части Новогодненского рудного поля, где рудовмещающая вулканогенно-осадочная тоупугольская толща содержит мощные линзы известняков и проявлен наиболее разнообразный интрузивный магматизм — гранитоиды рудоносного собского, пострудные габбро и монцодиориты конгорского комплексов, разновозрастные дайки основного состава (см. Рисунок 2.1).

Промышленное золотое оруденение месторождения представлено двумя структурно-вещественными типами: золото-сульфидно-магнетитовым и золото-сульфидно-кварцевым. Основными промышленными рудами являются залежи скарновых золото-сульфидно-магнетитовых руд, расположенные в экзоконтактовой и надинтрузивной зонах гранитоидов рудоносного собского комплекса. Залежи контролируются контактами линз известняков с вулканогенно-осадочными породами, зонами их фациальных переходов и контактов, участками осложненными субмеридиональной системой разрывных нарушений и флексурных перегибов в вулканогенно-осадочной толще. Эти же нарушения определяют положение второго типа золотого оруденения месторождения — золото-сульфидно-кварцевых жильно-прожилковых руд в зонах березитоподобных хлорит-кварц-кальцит-серицитовых метасоматитов, называемых автором условно «березитами».

В 2007 г. АО «Ямалзолото» завершена разведка месторождения с подсчетом запасов золота и магнетитовых руд. Месторождение разведано системой поверхностных горных выработок (канав и расчисток) и субширотными профилями буровых скважин (наклонных и вертикальных). Расстояние между разведочными буровыми профилями 20 м, среднее расстояние между скважинами в профиле 10 – 20 м (Рисунок 3.1).

Месторождение имеет промышленное значение и в перспективе может быть отработано. Балансовые запасы золота месторождения кат. C<sub>1</sub>+C<sub>2</sub> на 01.01.2009 г. составили 7 216 кг (232 000 унций) со средними содержаниями от 1,4 г/т до 1,8 г/т (в зависимости от категории запасов) [«Peter Hambro Mining ...», 2008] (Таблица 3.1). Из них 80 % сосредоточено в рудах золото-сульфидно-магнетитового типа, а 20 % — в золото-сульфидно-кварцевых жильно-прожилковых рудах зон «березитов». Забалансовые запасы золота составляют 186,6 кг (6 000 унций).



1 — устья буровых скважин: поисково-оценочных и разведочных работ АО «Ямалзолото» (а), поисковых работ ОАО «ПУГПП» (б), разведки строительного камня, ПУГРЭ (в); 2 — проложение стволов скважин (проекция на поверхность), 3 — каналы поисковых работ разных лет; 4 — линии геологических разрезов по буровым профилям, представленных в диссертации (прод. — линия продольного разреза); 5 — места детальной документации расчисток, планы которых представлены в тексте

Рисунок 3.1 — Схема расположения горных выработок и скважин месторождения Новогоднее-Монто (по материалам АО «Ямалзолото»)

Таблица 3.1 — Запасы полезных компонентов месторождения Новогоднее-Монто

|                                                                    | C <sub>1</sub> | C <sub>2</sub> |
|--------------------------------------------------------------------|----------------|----------------|
| балансовые запасы золота (кг)                                      | 5 567,5        | 1 648,5        |
| забалансовые запасы золота (кг)                                    | —              | 186,6          |
| балансовые запасы магнетитовой руды (тыс. т):                      | 4 814          | 345            |
| забалансовые запасы магнетитовой руды (тыс. т)                     | —              | 185            |
| запасы пород вскрыши для изготовления щебня (тыс. м <sup>3</sup> ) | 11 279         | 13 828         |

Кроме того, вне контура запасов, на месторождении оценены прогнозные ресурсы золота кат. Р<sub>1</sub> в количестве 6 252 кг (201 000 унций) со средним содержанием 2,5 г/т. Важными элементами в экономике месторождения являются высококачественные магнетитовые руды, запасы которых составляют 5 159 тыс. т (Протокол № 64 от 29.10.2007 г. ТКЗ при Уралнедра) и безрудные вскрышные породы объемом 25 107 тыс. м<sup>3</sup>, которые прошли технологические испытания и признаны пригодными для изготовления щебня.

Представленная в настоящей работе характеристика месторождения основана на обобщении данных поисковых и разведочных работ, выполненных в разные годы силами ОАО «ПУГПП», ОАО «ЯГК», АО «Ямалзолото», а также тематических работ ФГУП «ЦНИГРИ», проводимых при непосредственном участии автора [Волчков, 2001ф, 2002ф, 2005ф, 2008ф и др.; Риндзюнская, 2004ф, 2005ф], ООО «Ямалгео» [Прямоносков, 2004ф], ООО «НПО Геосфера» [Черняев, 2005ф] и других организаций. Материалы дополнены детальными разрезами месторождения, составленными автором по данным собственной документации керн скважин, первичным материалам документации и опробования недропользователя — АО «Ямалзолото», любезно предоставленных автору геологической службой данной организации.

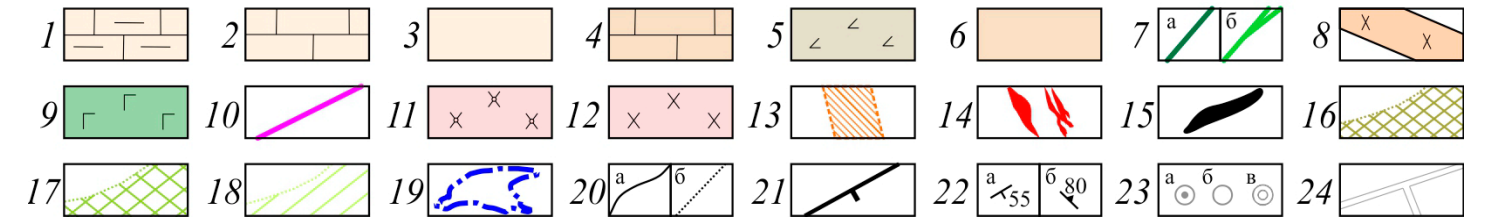
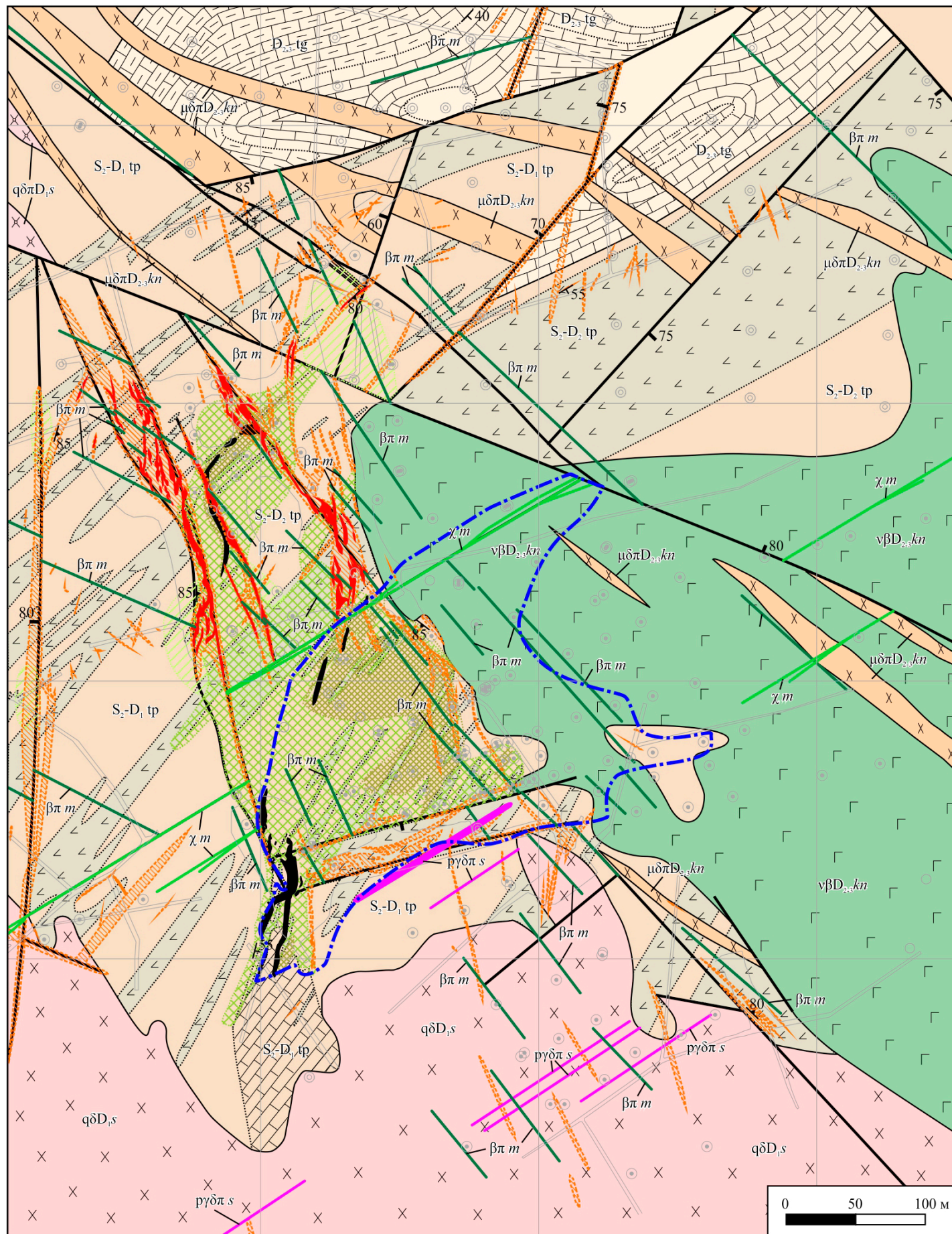
Основные результаты исследования месторождения опубликованы автором в виде статей и тезисов [Андреев, 2006, 2008, 2011, 2016<sup>1</sup>, 2016<sup>2</sup>; Двуреченская, 2007; Риндзюнская, 2005; Устинов, 2007].

### **3.1. Геологическое строение месторождения Новогоднее-Монто**

В геолого-структурном плане месторождение локализовано в экзоконтактовой и надынтрузивной областях Новогодненского штока умеренно кислых гранитоидов (диориты, кварцевые диориты, тоналиты) рудоносного собского комплекса (см. Рисунок 2.1, Рисунок 3.2). По сложившимся представлениям [Волчков, 2001ф, 2005ф], Новогодненский шток является сложно построенным выступом погруженной части Собского крупного интрузивного массива (плутон), и сочетает в себе как фрагменты, сложенные породами главных абиссальных фаз собского комплекса, так и породы (апофизы и дайки) гипабиссальных порфировидных и порфировых фаз, рассматриваемых в качестве потенциально рудоносных.

Морфология и внутренняя структура площади месторождения в значительной степени определяется его положением в узле пересечения разрывных нарушений трех ведущих направлений: север-северо-западного до субмеридионального простираний, северо-восточного до субширотного простираний и нарушений северо-западного простираания. В целом, площадь месторождения представлена несколькими локальными тектоническими блоками, отделенными друг от друга указанными системами нарушений (Рисунок 3.3).

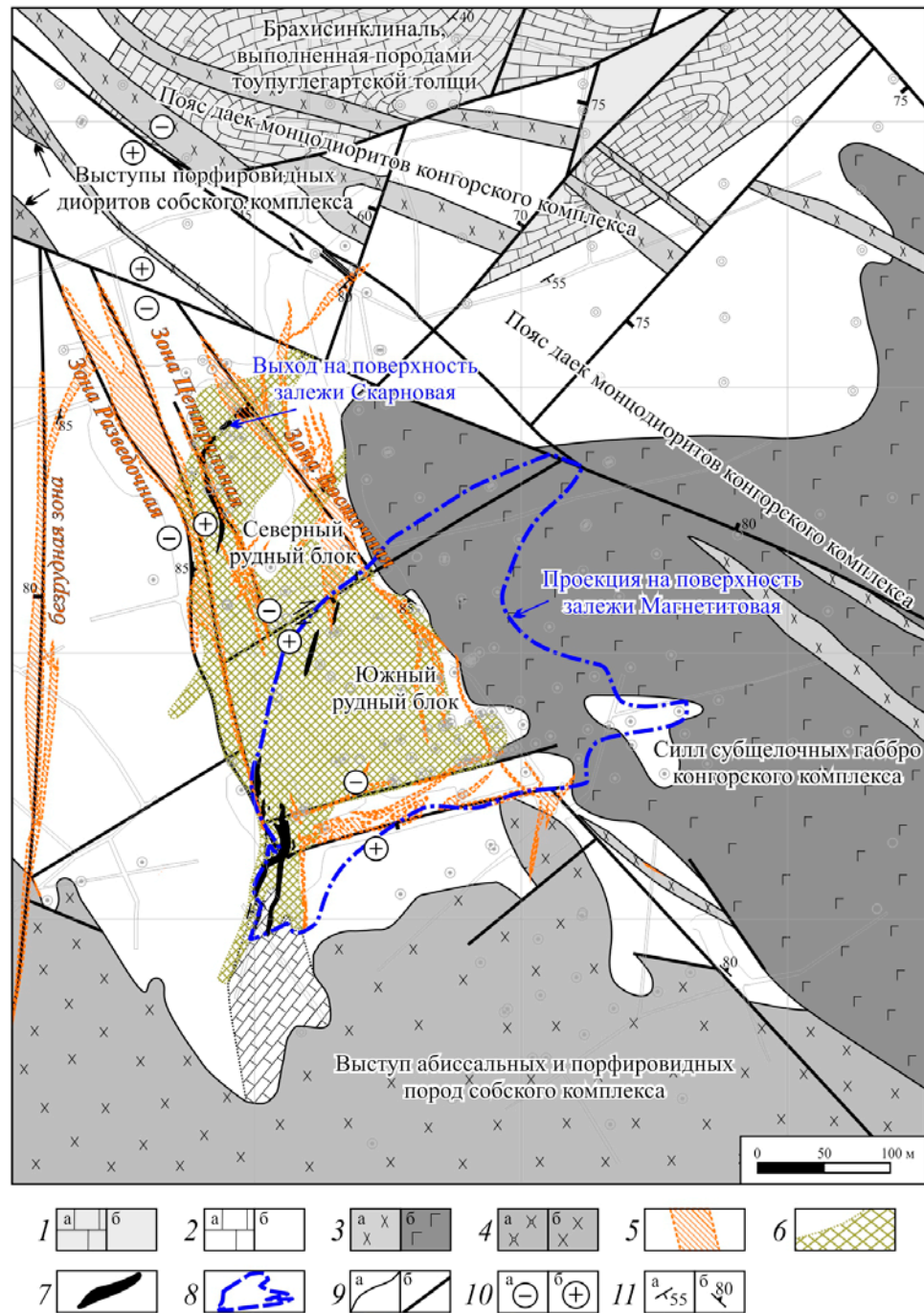




тоупугольгартская толща ( $D_{2-3} \text{ tg}$ ): 1 — известняки серые битуминозные, 2 — известняки светлые рифогенные, 3 — вулканомиктовые осадочные породы (конгломераты, гравелиты, песчаники, алевролиты); тоупугольская толща ( $S_2-D_1 \text{ tp}$ ): 4 — известняки светлые мраморизованные, 5 — андезитобазальтовые порфириты (лавы), 6 — туфы базальтовых и андезитобазальтовых порфиритов с прослоями вулканогенно-осадочных пород; 7 — малохан-мейский субвулканический комплекс ( $P_3-T_1?$ ): дайки диабазов (а), лампрофиров (б); конгорский интрузивный комплекс ( $D_{2-3} \text{ kn}$ ): 8 — дайки монцодиорит-порфиров, кварцевых монцодиорит-порфиров, 9 — габбро-долериты порфировидные; собский интрузивный комплекс ( $D_1 \text{ s}$ ): 10 — дайки диорит-порфиров, кварцевых диорит-порфиров, 11 — штокообразные тела порфировидных кварцевых диоритов, кварцевых диорит-порфиров, 12 — диориты, кварцевые диориты, тоналиты среднезернистые и порфировидные (нерасчлененные); 13 — зоны хлорит-кальцит-кварц-серицитовых метасоматитов («березитов»), в том числе золотоносных, 14 — их центральные интенсивно окварцованные части со стволовыми кварцевыми жилами; 15 — линзы магнетитовых и сульфидно-магнетитовых руд, в том числе золотоносных, вскрытые горными выработками на поверхности; скарны: 16 — полнопроявленные гранат-пироксеновые, 17 — скарнированные вулканогенные породы, 18 — околоскарновые метасоматиты (области альбитизации и эпидотизации); 19 — проекция на поверхность сульфидно-магнетитовой залежи «Магнетитовая»; 20 — геологические границы: между разновозрастными комплексами (а), между литологическими разностями пород (б); 21 — разрывные нарушения (штрих показывает направление падения, если установлено); 22 — элементы залегания: слоистости (а), трещиноватости (б); 23 — устья буровых скважин: поисково-оценочных и разведочных работ АО «Ямалзолото» (а), поисковых работ ОАО «ПУГПП» (б), разведки строительного камня, ПУГРЭ (в); 24 — каналы поисковых работ разных лет

Рисунок 3.2 — Геологическая карта месторождения Новогоднее-Монто и его периферии (по материалам АО «Ямалзолото», ООО «НПО Геосфера» [Черняев, 2005ф], исследований автора [Волчков, 2005ф, 2008ф])





1 — тоупугольгартская толща ( $D_{2-3}$  tg): известняки (а), вулканомиктовые породы (б); 2 — тоупугольская толща ( $S_2-D_1$  tp): известняки (а), вулканогенные и вулканогенно-осадочные породы (б); 3 — конгорский интрузивный комплекс ( $D_{2-3}$  kn): монодиориты (а), габбро (б); 4 — собский интрузивный комплекс ( $D_1$  s): порфиroidные кварцевые диориты, кварцевые диорит-порфиры (а), диориты, кварцевые диориты, среднезернистые и порфиroidные (нерасчлененные) (б); 5 — зоны золотоносных серицит-хлорит-альбит-кальцит-кварцевых метасоматитов («березитов»), 6 — скарны и скарнированные породы; 7 — линзы золотоносных магнетитовых и сульфидно-магнетитовых руд, вскрытые горными выработками на поверхности; 8 — проекция на поверхность сульфидно-магнетитовой залежи «Магнетитовая»; 9 — геологические границы между разновозрастными комплексами (а), основные разрывные нарушения (б); 10 — знаки относительного вертикального смещения смежных тектонических блоков: опущенные (а), поднятые (б); 11 — элементы залегания: слоистости (а), трещиноватости (б)

Рисунок 3.3 — Схема основных геолого-структурных элементов месторождения Новогодное-Монто (на основе Рисунка 3.2)



В свою очередь, рудосодержащие блоки месторождения четко отделены разломами от периферических слабоминерализованных и «пустых» блоков. Субширотные разрывные структуры ограничивают месторождение на севере и юге, субмеридиональные на западе, и, вероятно, на востоке, где ведущую разграничивающую роль уже имеют более поздние северо-западные нарушения.

По сети разнонаправленных разломов блоки месторождения и соседние блоки его периферии смещены относительно друг друга в горизонтальных и вертикальных направлениях, образуя клавишно-мозаичную систему. В районе месторождения наблюдается тенденция относительного опускания блоков с юга на север и с запада на восток (предполагается автором по анализу отстроенных детальных разрезов). Вместе с тем, в пределах Новогодненского рудного поля и рудного узла эта закономерность неоднократно сменяется на обратную и имеет в целом волнообразный характер. Как это уже отмечалось при рассмотрении рудного узла и Новогодненского рудного поля, все известные месторождения и рудопроявления расположены в пределах наиболее поднятых тектонических блоков (групп блоков), где на поверхность выходят фрагменты штокообразных массивов гранитоидов собского рудоносного комплекса, формирующие, в совокупности с контролируемыми ими рудно-метасоматическими образованиями, рудно-магматические системы (РМС) ранга рудных полей.

В свою очередь, внутриблоковая разрывная тектоника, проявленная на месторождении, расчленяет более крупные тектонические блоки на более мелкие. Если смещение более крупных блоков друг относительно друга в горизонтальном и вертикальном направлении можно оценить до первых сотен метров, то внутриблоковые смещения составляют до десятков метров. Такое интенсивное дробление, несомненно, сильно усложняет геологические построения, увязку рудных пересечений и оконтуривание отдельных рудных тел.

***Рудовмещающие блоки месторождения*** сложены преимущественно вулканогенно-осадочными породами андезитобазальтового состава тоупугольской толщи, которые включают линзы, пачки и крупную рифогенную постройку мраморизованных известняков. В меньшей степени в их строении участвуют интрузивные породы трех комплексов: собского, конгорского и малоханмейского.

По материалам буровых работ разных лет автором установлено, что породы тоупугольской толщи в пределах месторождения залегают моноклинально с падением в юго-восточных румбах под углами 40 – 55° до 70°, реже более пологими. Моноклинальное залегание нарушается многочисленными разнонаправленными разрывными нарушениями и приуроченной к ним приразломной флексуообразной складчатостью (изгибы и дробление вулканогенно-терригенно-карбонатных пород). Строение рудовмещающей толщи неоднородное, что обусловлено присутствием в существенно туфогенно-вулканомиктовом разрезе горизонтов лав андезитобазальтовых

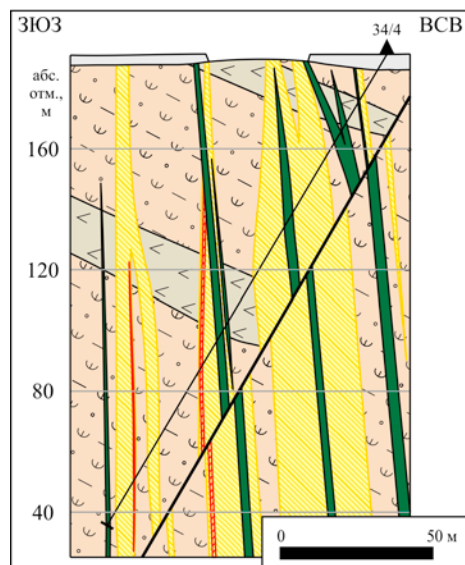
порфиритов, слабо подверженных гидротермально-метасоматическим изменениям, и тел рифогенных известняков, крайне невыдержанных по мощности и площади распространения.

В соответствии с характером разрывной тектоники и минерализации, автор разделяет месторождение на два рудных блока — северный и южный (см. Рисунок 3.2, Рисунок 3.3, Рисунок 3.4, Рисунок 3.14), разграниченные крутопадающим субширотным (восток-северо-восточным) разломом с достаточно большим вертикальным и горизонтальным смещениями (до нескольких десятков метров, по материалам отстроенных геологических разрезов), маркируемым дайкой лампрофиров.

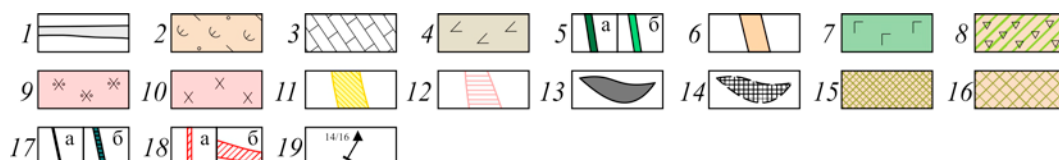
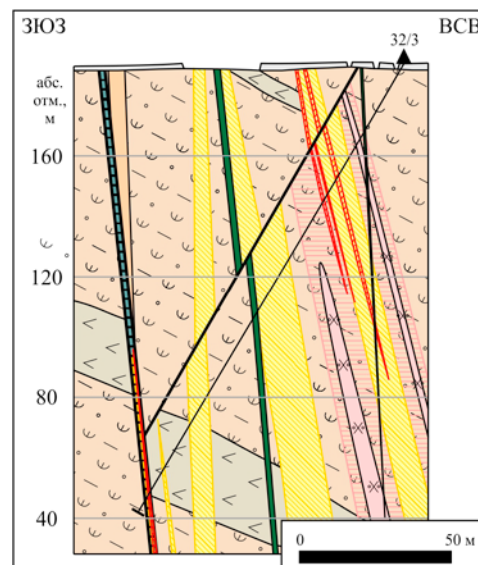
*Северный рудный блок* (буровые профили 34 – 22), относительно опущенный, вмещает основную долю минерализованных зон «березитов» с золото-сульфидно-кварцевым оруденением (см. Рисунок 3.2, Рисунок 3.3). Вмещающая оруденение тоупугольская толща здесь представлена преимущественно пачками переслаивания туфоалевролитов и туфопесчаников с мощностями порядка 10 – 20 м, которые сменяются пачками переслаивания песчаников до 70 м и гравелитов до 6 м с редкими прослоями алевролитов (по материалам собственной документации керна скважин и первичной документации АО «Ямалзолото»). Среди вулканогенно-осадочных пород достаточно многочисленны горизонты (линзы) туфов и лав пироксен-плагиоклазовых порфиритов андезитобазальтового состава мощностью от 2 – 9 до 40 – 50 м (Рисунок 3.4). Вулканогенно-осадочные и пирокластические породы интенсивно катаклазированы, в разной степени метасоматически изменены, что часто не позволяет однозначно определить их литологический состав. Лавовые фации изменены в меньшей степени и зачастую сохраняют первичную структуру. В отдельных скважинах фиксируются тела рудоносных гипабиссальных фаз собского комплекса (буровые профили 26, 28, 30, 32 и др.) — порфировидных диоритов и кварцевых диоритов (стволовой мощностью до 22 метров), дайки диорит- и кварцевых диорит-порфиритов мощностью до 3 – 4 метров.

К югу, начиная с широты бурового профиля 30 в разрезе появляется всё больше карбонатной составляющей, что фиксируется горизонтами скарнированных пород и скарнов с прожилково-вкрапленной и гнездовой сульфидно-магнетитовой минерализацией (залежь «Скарновая»), вскрытых как скважинами, так и частично бульдозерной расчисткой на поверхности (Рисунок 3.5 – Рисунок 3.10). Горизонты скарнов и скарнированных пород погружаются в юго-восточном направлении до глубин 400 м субсогласно падению слоистости пород. Далее к югу (23 – 24 буровые профили) в разрезе появляются мраморизованные известняки мощностью до 25 м и более (Рисунок 3.8). С переходом карбонатсодержащих пород к известнякам увеличиваются мощности скарнов и, наряду с прожилково-вкрапленной минерализацией, появляются залежи сплошных магнетитовых и сульфидно-магнетитовых руд (Рисунок 3.9, Рисунок 3.14).

А



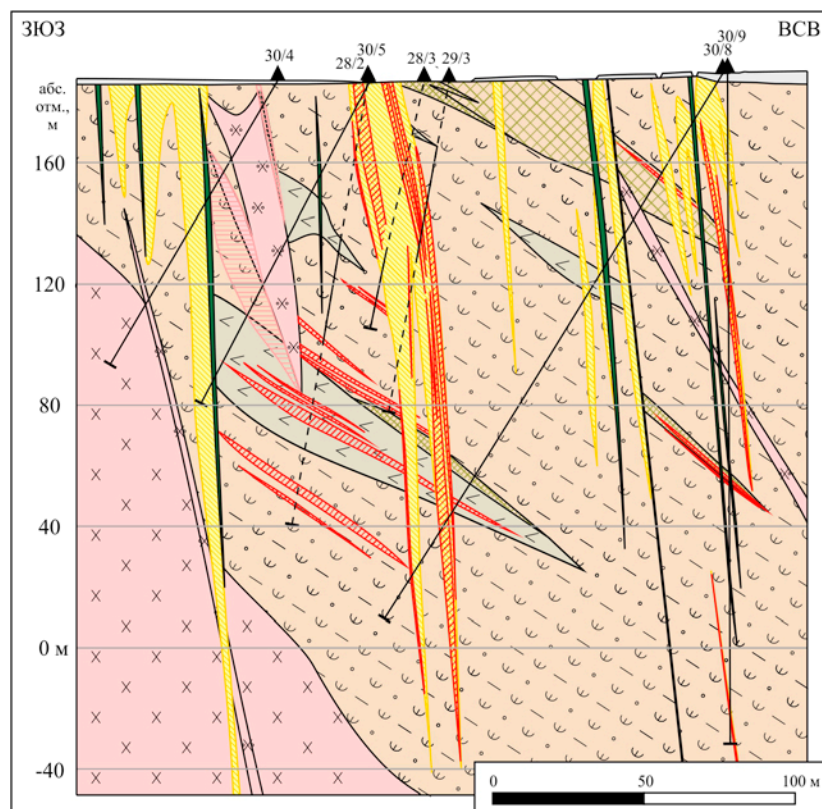
Б



1 — делювиальные и озерно-болотные перекрывающие отложения; тоупугольская толща ( $S_2$ – $D_1$  тр): 2 — туфы базальтовых и андезитобазальтовых порфиров с прослоями вулканогенно-осадочных пород, 3 — известняки светлые мраморизованные, 4 — андезитобазальтовые порфиры (лавы); 5 — малоханмейский субвулканический комплекс ( $D_3$ – $T$ ?): дайки диабазов (а), лампрофиров (б); конгорский интрузивный комплекс ( $D_{2-3}$  kn): 6 — дайки монцодиорит-порфиров, кварцевых монцодиорит-порфиров, 7 — габбро (габбро-долериты) порфировидные; 8 — полимиктовая тектоническая брекчия в подошве тела габбро-долеритов конгорского комплекса, содержит фрагменты самих габбро-долеритов, пород тоупугольской толщи, скарнов, магнетитовых тел, «березитов» в том числе с повышенными содержаниями золота; собский интрузивный комплекс ( $D_1$  s): 9 — дайкообразные тела и дайки дайки диорит-порфиров, кварцевых диорит-порфиров, 10 — диориты, кварцевые диориты, среднезернистые и порфировидные (нерасчлененные); 11 — зоны серицит-хлорит-альбит-кальцит-кварцевых метасоматитов («березитов»), в том числе золотоносных; 12 — альбитсодержащие кварц-хлоритовые, кварц-серицит-хлоритовые метасоматиты (установленные по скважинам); магнетитовые и сульфидно-магнетитовые руды, в том числе золотоносные; 13 — сплошные и густовкрапленные (от 50 % магнетита), 14 — вкрапленные, гнездовые, прожилковые (до 50 % магнетита); скарны: 15 — полнопроявленные гранат пироксеновые, 16 — скарнированные вулканогенные породы; 17 — крупные разрывные нарушения, сопровождающиеся дроблением и милонитизацией: внемасштабные (а), в масштабе разрезов (б); 18 — золоторудные зоны с содержанием золота  $> 0,3$  г/т: секущие — в зонах «березитов» (а), стратиформные — в телах магнетитов, скарнах, вмещающих их породы (б); 19 — буровые скважины поисково-оценочных и разведочных работ АО «Ямалзолото» и их номера

Рисунок 3.4 — Схематические геологические разрезы месторождения Новогоднее-Монто по буровым профилям 34 (А) и 32 (Б) (по материалам собственной документации автора керн скважин и первичной документации АО «Ямалзолото»)

На уровне бурового профиля 22 проходит поперечный разлом с крутым падением в южных румбах, маркируемый дайкой пострудных лампрофиров (см. Рисунок 3.2, Рисунок 3.14). По нему южный рудный блок месторождения смещен относительно северного к западу и относительно поднят — правосторонний сдвига-взброс.



Условные обозначения см. Рисунок 3.4

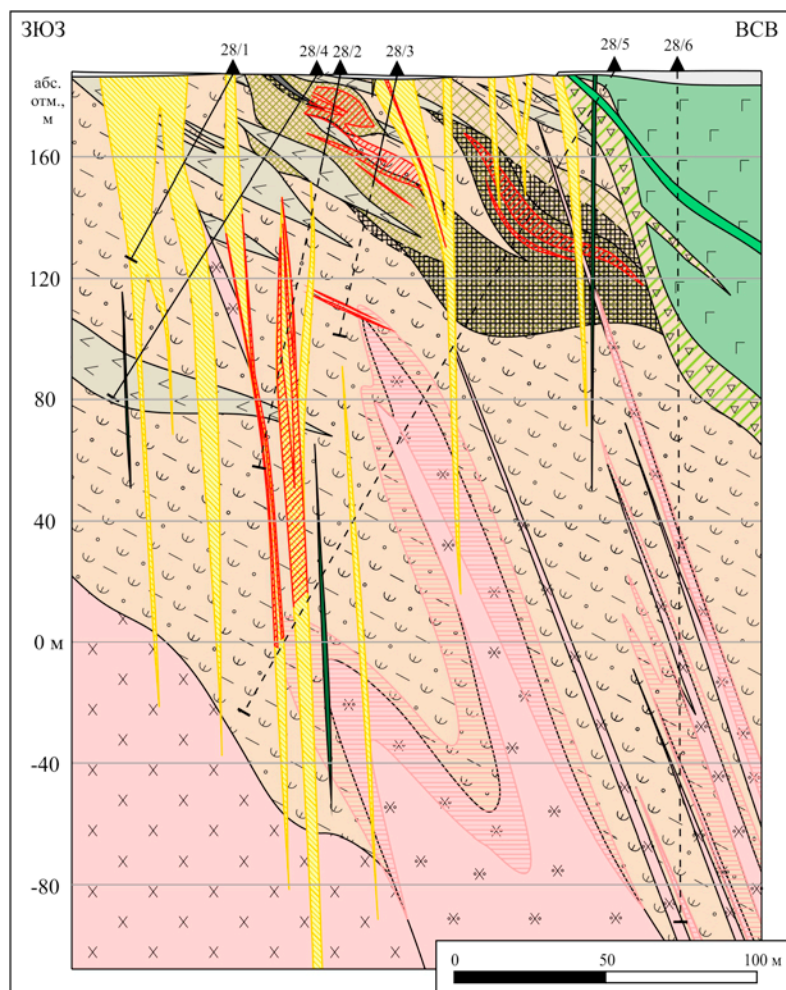
Рисунок 3.5 — Схематический геологический разрез месторождения Новогоднее-Монто по буровому профилю 30 (по материалам собственной документации автора керна скважин и первичной документации АО «Ямалзолото»)

В южном рудном блоке (буровые профили 20 – 14) расположен основной объем рифовой постройки известняков, обрамляющих ее скарнов, магнетитовых тел и, соответственно, золото-сульфидно-магнетитовых руд. Здесь мощность известняков иногда превышает 170 м, они погружаются к юго-востоку на большую глубину (Рисунок 3.10 – Рисунок 3.13). Практически все породы тоупугольской толщи здесь скарнированы, за исключением отдельных линз лав андезито-базальтовых пироксен-плагноклазовых порфиритов. Мощности сплошных магнетитовых тел (в пределах залежи «Магнетитовая», локализованной в кровле (висячем боку) рифовой постройки) достигают 50 – 60 м (Рисунок 3.12 – Рисунок 3.13, Рисунок 3.14).

Морфология постройки известняков крайне сложная, края зигзагообразные с фациальными переходами в скарны и скарнированные (первоначально карбонатсодержащие) породы. Это обуславливает многоуровневость образования скарнов и сопряженных сульфидно-магнетитовых залежей, их сложную морфологию, неравномерность оруденения.

В западном направлении выклинивание карбонатных пород, скарнов и магнетитовых тел происходит около западного субмеридионального ограничивающего разлома, выраженного серией неравномерно золотоносных зон «березитов». Выклинивание известняков резкое, возможно

представляет собой крутой уступ в палеорельефе рифовой постройки или антиклинальное поднятие, обусловленное приразломной складчатостью. Наблюдаемая по разрезам высота уступа составляет около 150 м (Рисунок 3.12 – Рисунок 3.13). К области уступа приурочены основные тела золото-сульфидно-магнетитовых руд месторождения. Скарны «упираются» в разлом и далее к западу не прослеживаются.

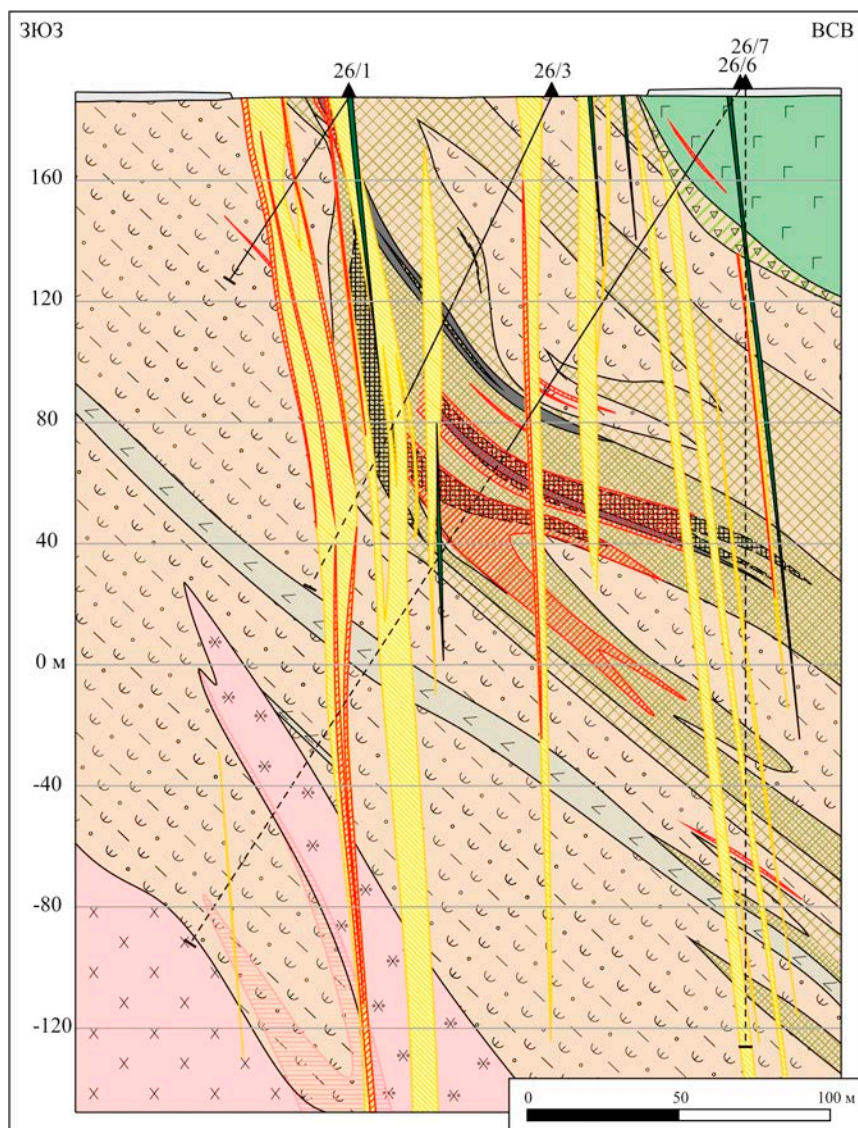


Условные обозначения см. Рисунок 3.4

Рисунок 3.6 — Схематический геологический разрез месторождения Новогоднее-Монто по буровому профилю 28 (по материалам собственной документации автора керна скважин и первичной документации АО «Ямалзолото»)

Надынрузивная позиция месторождения относительно массива собского комплекса определяется присутствием в ряде скважин ниже рудовмещающего уровня апикальных частей интрузива диорит-кварцдиорит-тоналитового состава и даек диорит- и кварцевых диорит-порфиров. Интрузив вскрыт на ряде профилей в области развития скарновых золото-сульфидно-магнетитовых руд на глубинах от 150 – 200 до 400 м.





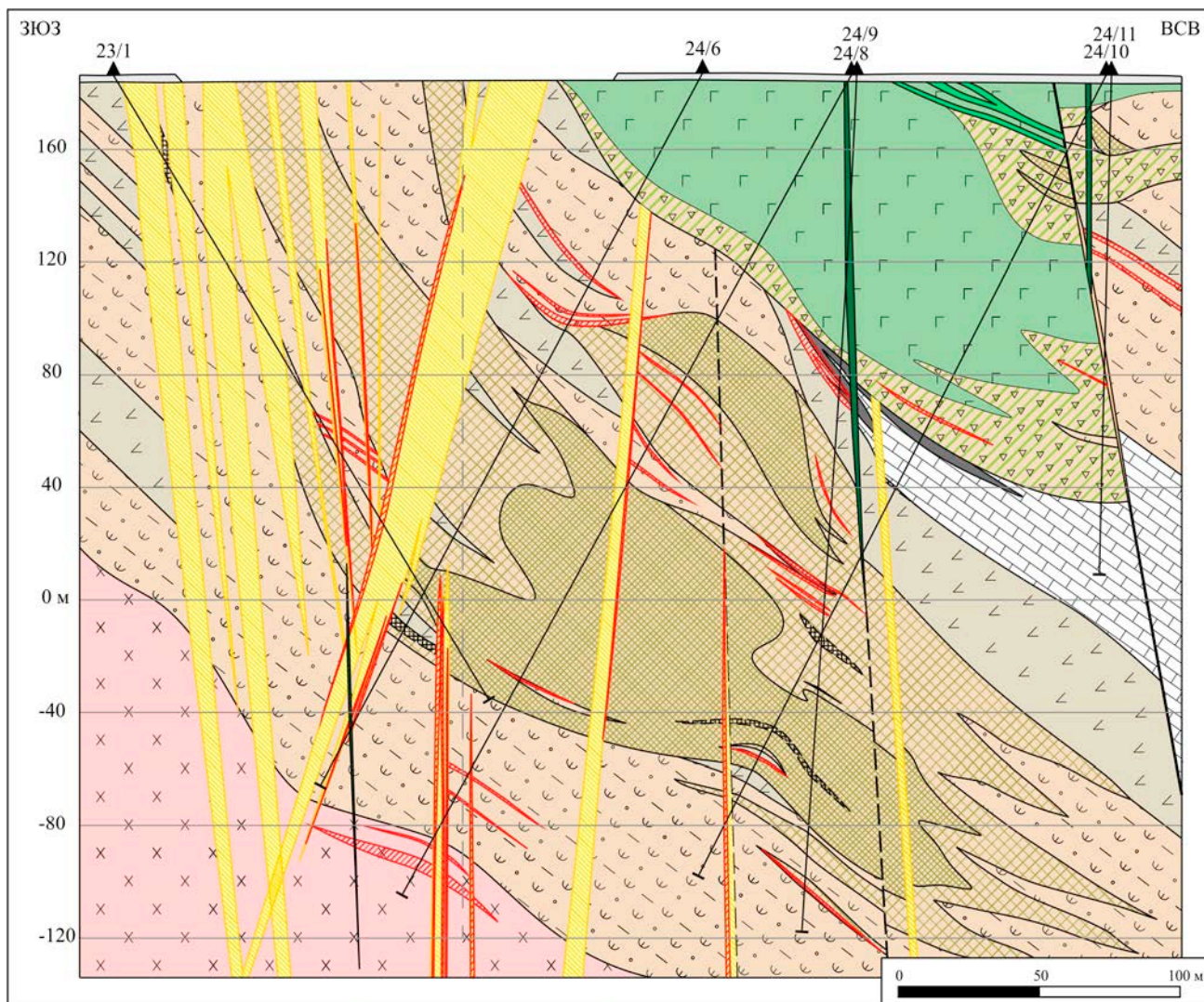
Условные обозначения см. Рисунок 3.4

Рисунок 3.7 — Схематический геологический разрез месторождения Новогоднее-Монто по буровому профилю 26 (по материалам собственной документации автора керна скважин и первичной документации АО «Ямалзолото»)

Южнее бурового профиля 14 серия близрасположенных параллельных субширотных разломов отделяет южный рудный блок от безрудных пород. По этому разлому происходит относительное смещение безрудного блока к востоку и его поднятие относительно рудного (Рисунок 3.14). Залежь «Магнетитовая» и известняки срезаются этими разломами и уже за ними в безрудном блоке установлены смещенные к востоку выклинивания минерализованных скарнов без промышленной рудоносности.

В связи с довольно значительным горизонтальным и вертикальным смещением безрудного блока, рудовмещающие скарново-магнетитовые залежи непосредственно по разлому упираются в массив гранитоидов собского комплекса, выведенного здесь на дневную поверхность и подстилающие его слабо измененные и слабо минерализованные безрудные вулканомиктовые

породы. Рассматриваемая серия разломов в области этого сопряжения сопровождается интенсивным дроблением и метасоматической проработкой интрузивного массива. В целом, по данным бурения (буровые профили 7, 10), тектонизированный контакт массива и скарнов с магнетитовыми телами крутой, с небольшим погружением в юго-восточных румбах (см. Рисунок 3.14).



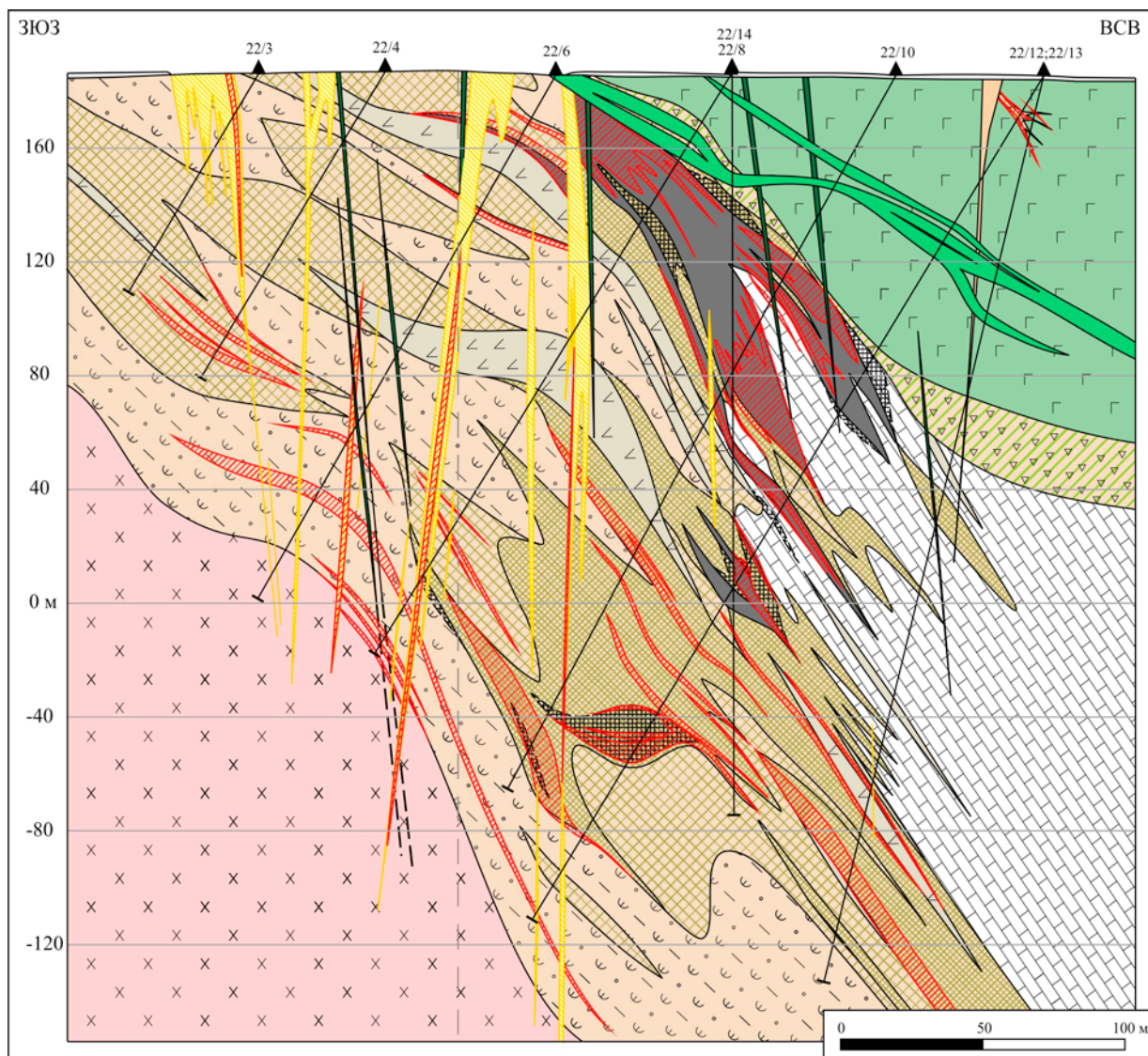
Условные обозначения см. Рисунок 3.4

Рисунок 3.8 — Схематический геологический разрез месторождения Новогоднее-Монто по буровому профилю 24 (по материалам собственной документации автора керна скважин и первичной документации АО «Ямалзолото»)

Выходящий в безрудном блоке (южнее бурового профиля 14) на поверхность интрузивный массив в приконтактной части сложен порфировидными породами — диоритами и кварцевыми диоритами (буровой профиль 10), а при удалении от контакта (буровой профиль 7 и далее на юг) — преимущественно среднезернистыми породами. Состав интрузива неравномерный, лейкократовые разности сменяются меланократовыми, которые иногда преобладают; более ос-



новные разности фиксируются внутри лейкократовых, что, вероятно, обусловлено захватом и переработкой вмещающих вулканогенно-осадочных пород или пород основного состава более ранних фаз собского комплекса.

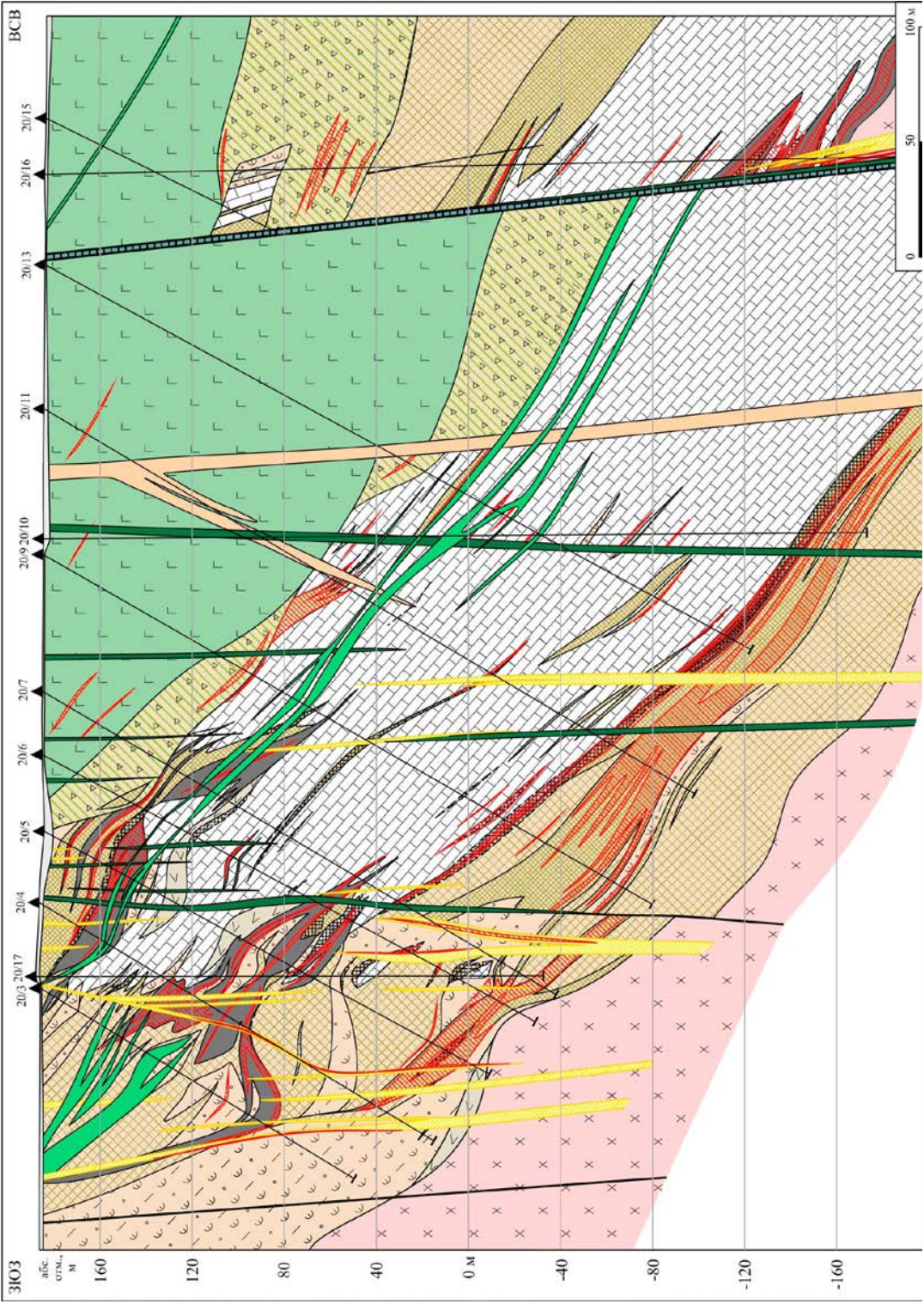


Условные обозначения см. Рисунок 3.4

Рисунок 3.9 — Схематический геологический разрез месторождения Новогднее-Монто по буровому профилю 22 (по материалам собственной документации автора керна скважин и первичной документации АО «Ямалзолото»)

Породы главных фаз здесь прорваны маломощными дайками диорит-порфиров, аплитов, диабазов; наблюдаются маломощные зоны брекчирования, скарнирования, кварц-альбитового и серицит-хлорит-кварцевого метасоматоза, связанные с каркасом разнонаправленных разрывных нарушений. Промышленных золоторудных пересечений скважинами и канавами внутри интрузивных пород рассматриваемого безрудного блока не выявлено.

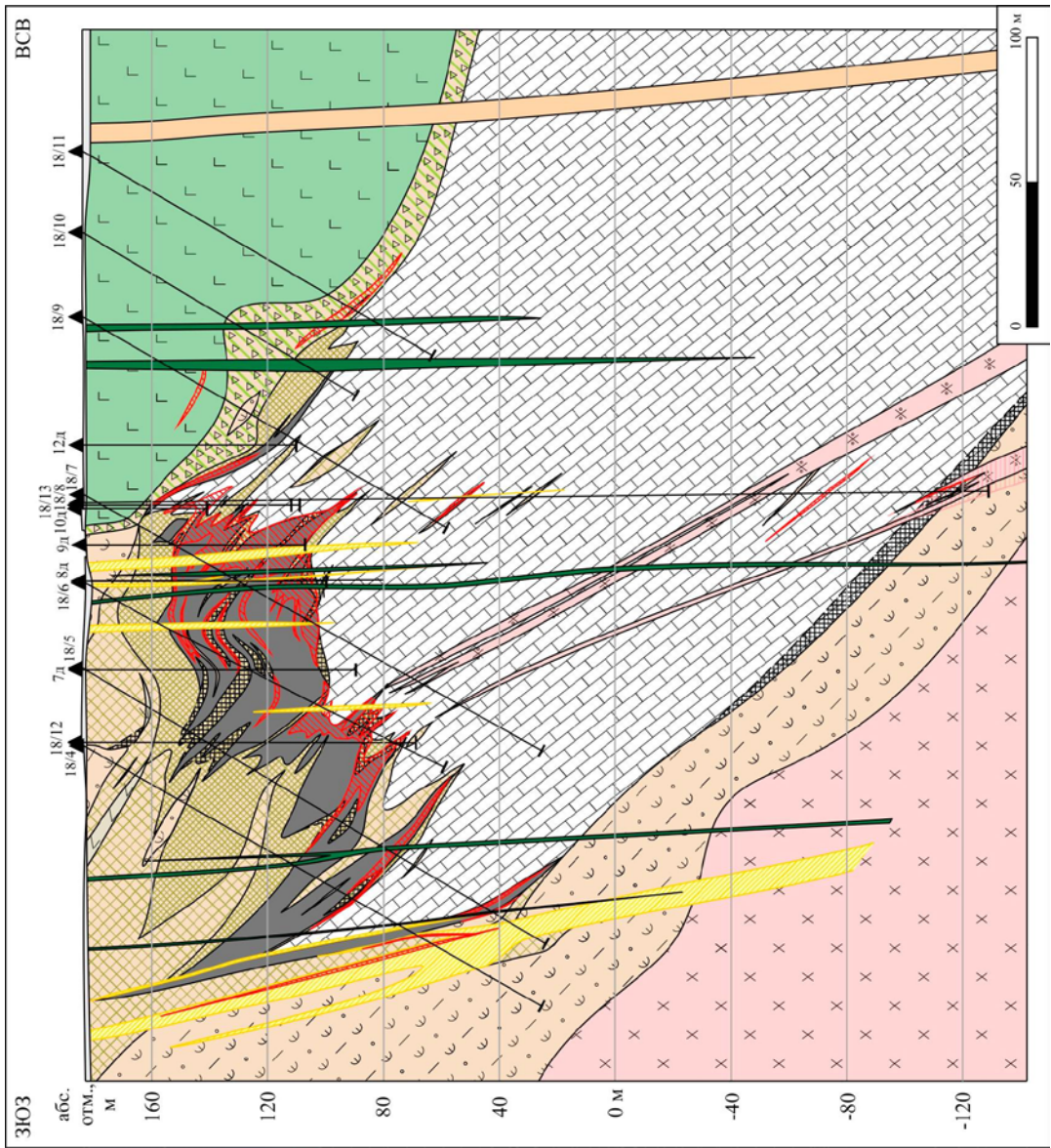




Условные обозначения см. Рисунок 3.4

Рисунок 3.10 — Схематический геологический разрез месторождения Новогоднее-Монто по буровому профилю 20 (по материалам собственной документации автора скважин и первичной документации АО «Ямалзолото»)

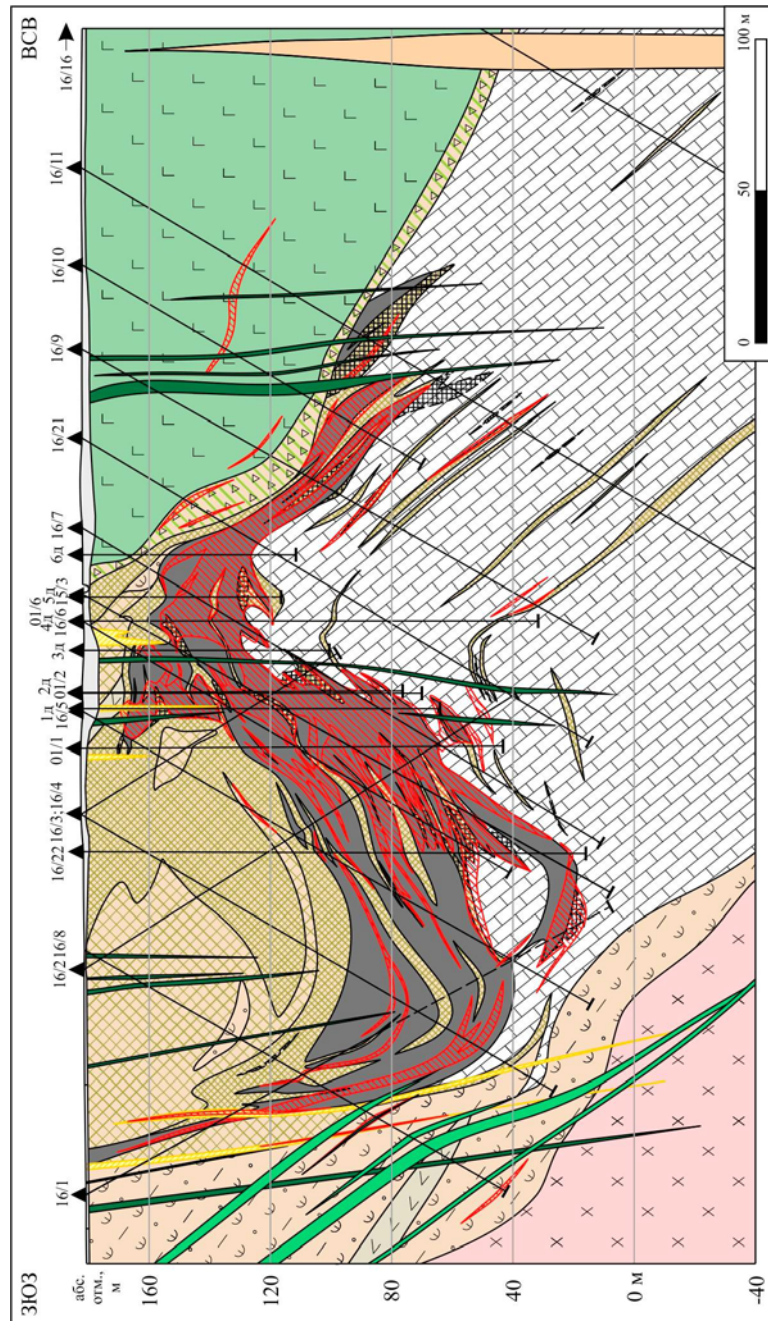




Условные обозначения см. Рисунок 3.4

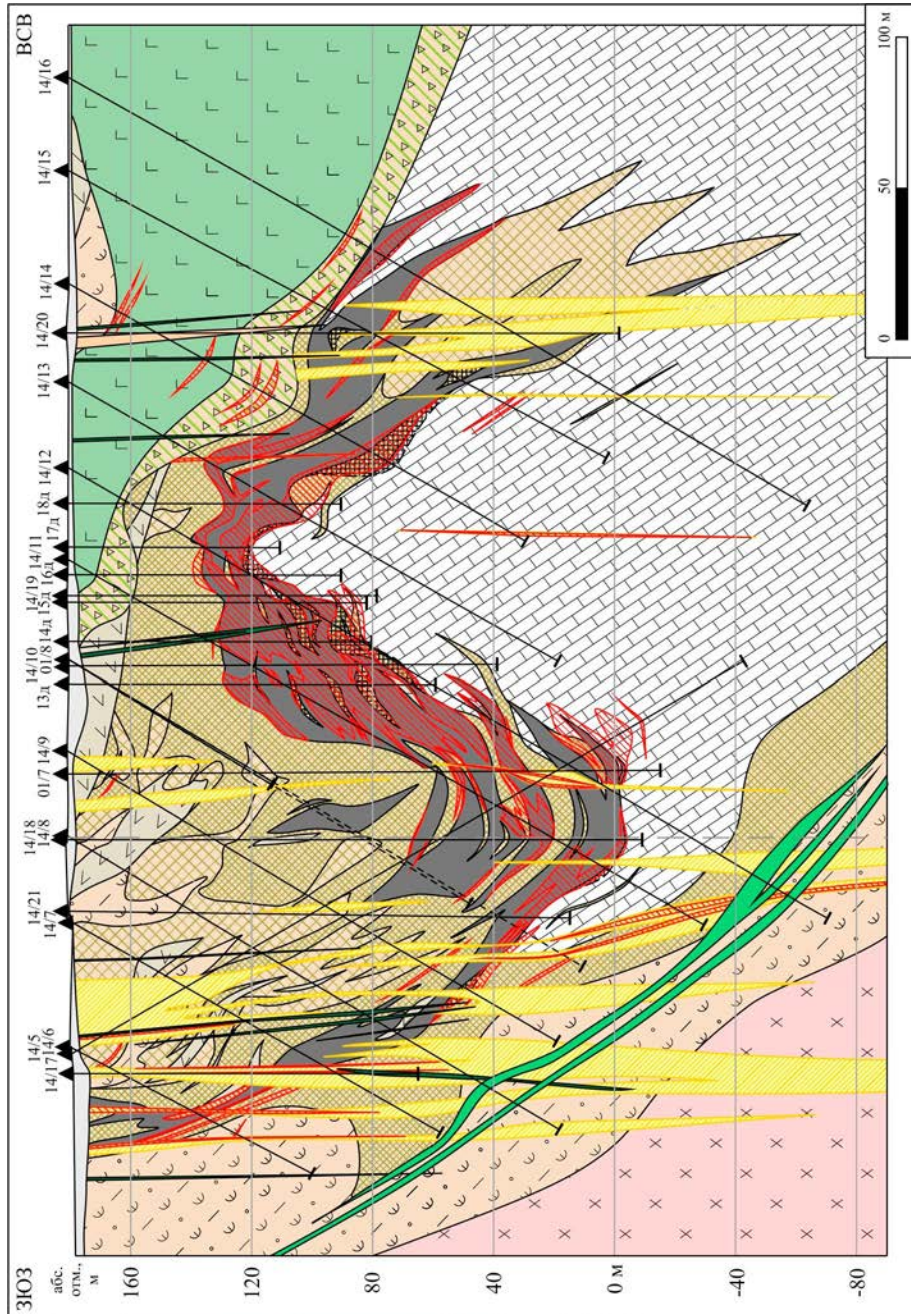
Рисунок 3.11 — Схематический геологический разрез месторождения Новогоднее-Монто по буровому профилю 18 (по материалам собственной документации автора скважин и первичной документации АО «Ямалзолото»)





Условные обозначения см. Рисунок 3.4

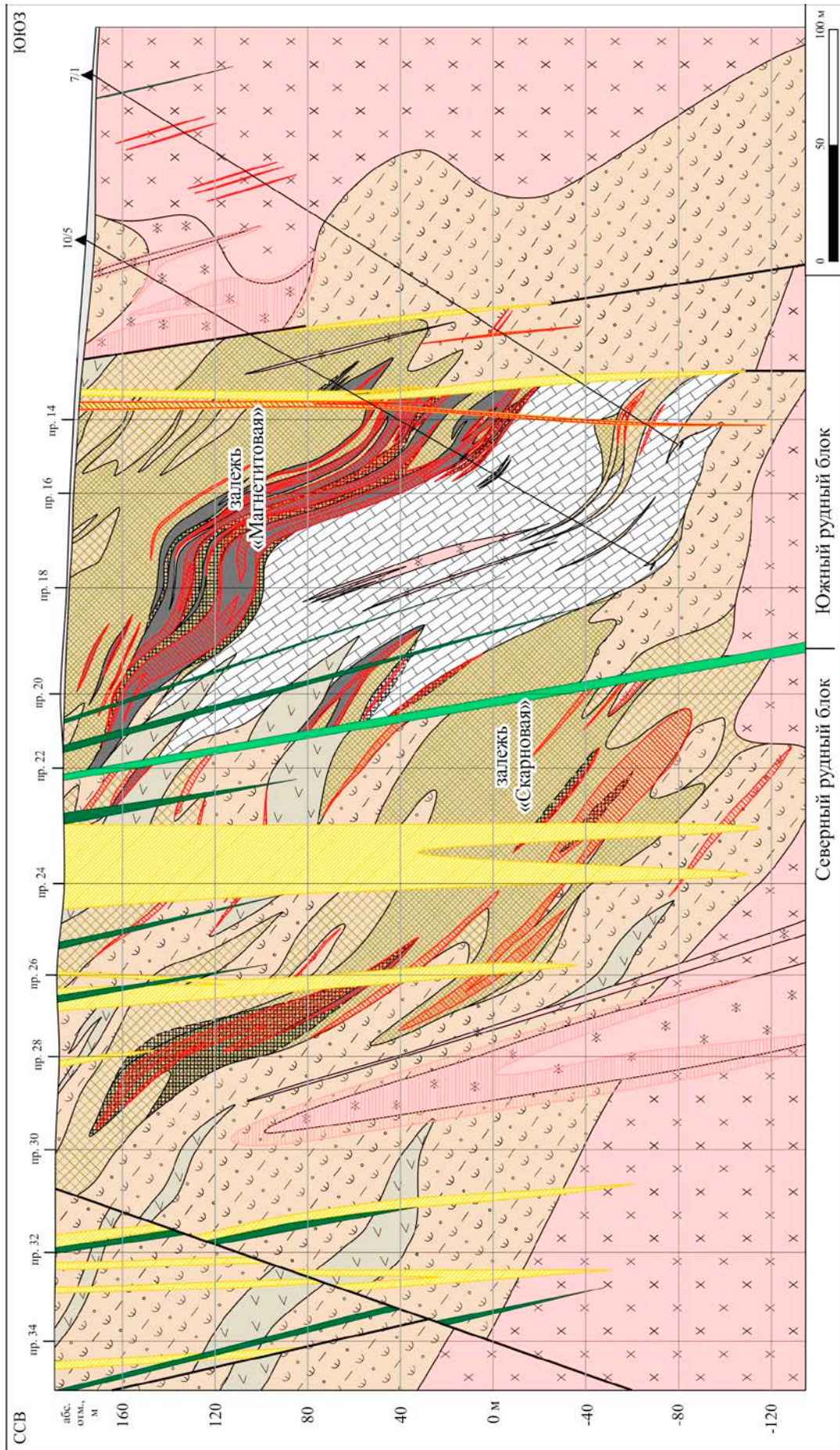
Рисунок 3.12 — Схематический геологический разрез месторождения Новогоднее-Монто по буровому профилю 16 (по материалам собственной документации автора скважин и первичной документации АО «Ямалзолото»)



Условные обозначения см. Рисунок 3.4

Рисунок 3.13 — Схематический геологический разрез месторождения Новогоднее-Монто по буровому профилю 14 (по материалам собственной документации автора скважин и первичной документации АО «Ямалзолото»)





Условные обозначения см. Рисунок 3.4

Рисунок 3.14 — Схематический продольный геологический разрез месторождения Новогоднее-Монто (по материалам собственной документации автора керна скважин и первичной документации АО «Ямалзолото»)

Значительную долю в строении площади месторождения составляют так же интрузивные тела конгорского комплекса, особенно широко распространены субшелочные габбро-долериты, относимые автором к его ранней фазе (по комплексу петрографических особенностей, рассмотренных в Главе 1 диссертации). Крупное тело габбро-долеритов конгорского комплекса слагает восточную часть площади месторождения и уходит далеко за пределы его разведанного контура. Оно имеет силлообразную форму (субсогласно рудовмещающей вулканогенно-осадочной толще) и перекрывает с востока постройку известняков и приуроченные к её обрамлению скарны и сульфидно-магнетитовые золоторудные тела, которые прослежены под покровом габбро на расстояние до 300 м (см. Рисунок 3.8 – Рисунок 3.13). В целом, около половины месторождения находится под «покрышкой» габбрового тела. Мощность «покрышки» габбро-долеритов на восточном выклинивании скарново-магнетитовых тел залежи «Магнетитовая» достигает 120 и более метров.

Контакт силла габбро-долеритов и вмещающих его пород, в том числе метасоматитов, известняков и скарново-магнетитовых залежей с золоторудными телами сильно тектонически осложнен. По видимым на отстроенных автором разрезах взаимоотношениям, тело габбро-долеритов внедрялось субсогласно напластованию пород тоупугольской толщи, при этом на фронте его внедрения происходили дополнительные пластические деформации и дробление пород. Подошва силла представляет собой практически сплошную зону дробления и милонитизации, содержащую обломки и фрагменты до первых десятков метров самих габбро-долеритов, вмещающих вулканогенных и вулканогенно-осадочных пород, известняков, скарнов, магнетитов, «березитов», будинированных кварцевых жил с золотоносной сульфидной минерализацией. Зона интенсивно тектонизированного контакта тела габбро-долеритов была изучена автором в том числе и на поверхности в одной из бульдозерных расчисток в восточной части месторождения (Рисунок 3.28). По мнению автора, при внедрении тела габбро-долеритов могла быть срезана и уничтожена часть золоторудных тел месторождения.

Вторая фаза конгорского комплекса на месторождении представлена поясом даек монцонит- и монцодиорит-порфиритов, протягивающимся вдоль разлома северо-западной ориентировки на северо-восточном фланге месторождения (см. Рисунок 3.2). Мощность даек колеблется от первых метров до 40 м, протяженность — до первых сотен метров, падение субвертикальное ( $70 - 80^\circ$ ) в северо-восточных румбах. Протяженность дайкового пояса превышает 1,5 км, он уходит на запад в сторону Петропавловского месторождения меняя там свое простирание на субширотное. Дайки прорывают силл габбро-долеритов и вулканогенно-осадочные породы тоупугольской толщи. Основное количество монцонитоидных даек расположено за пределами известных золоторудных тел, однако, в ряде скважин вскрыто пересечение этими дайками минерализован-

ных зон и скарново-магнетитовых золотоносных залежей (Рисунок 3.10). Однозначных взаимоотношений этих даек с породами рудоносного собского интрузивного комплекса не установлено. К северу от месторождения монцонитоидные дайки присутствуют среди известняков тоупугольегартской толщи (см. Рисунок 3.2), возможно они их прорывают, хотя все наблюдаемые контакты даек здесь тектонические.

Наиболее поздними интрузивными образованиями в пределах месторождения являются маломощные дайки диабазов, относимых к малоханмейскому комплексу. Они прорывают все стратифицированные и интрузивные образования, присутствующие на месторождении, в том числе дайки монцодиоритов и известняки тоупугольегартской толщи, а также зоны метасоматитов и рудные тела. В большинстве случаев установлено северо-западное направление диабазовых даек, что примерно совпадает с направлением пояса даек монцодиорит-порфиритов.

Не исключено, что часть даек диабазов в пределах месторождения могут быть более ранними и относится к дайкам завершающих этапов становления собского и конгорского комплексов. Косвенным доказательством этого является частое наследование ими разрывных структур контролирующих дайки диорит-порфиритов собского и особенно монцодиорит-порфиритов конгорского комплексов, а также рудоконтролирующих разрывов и опережающих их нарушений.

Иное направление — перпендикулярное к рассмотренному — имеют дайки лампрофиров, относимые [Черняев, 2005ф] к тому же малоханмейскому комплексу. В целом, это породы представлены одной протяженной крутопадающей пластинообразной дайкой с падением на юго-восток, которая маркирует тектоническое нарушение разделяющее северный и южный рудные блоки месторождения, а также несколькими мелкими ее ответвлениями или самостоятельными телами того же направления (см. Рисунок 3.2, Рисунок 3.14).

На северной и северо-восточной периферии месторождения рудовмещающая тоупугольская толща перекрыта терригенно-карбонатными породами тоупугольегартской толщи или контактирует с последними по серии разрывов северо-западного и субширотного простирания. Породы тоупугольегартской толщи слагают серию брахисинклиналей и пологих моноклиналей субширотного и северо-восточного простирания. Бурением под покрывкой тоупугольегартских отложений на глубинах 50 – 100 м вскрывалась рудовмещающая тоупугольская толща с признаками золотой минерализации, однако промышленных пересечений здесь выявлено не было.

По крайней мере три этапа тектоно-магматической активизации («собский», «конгорский», «малоханмейский») проявившиеся в пределах месторождения, сформировали крайне сложную клавишно-блоковую структуру, определенную сетью разнонаправленных разрывных нарушений. По сложившимся представлениям в ходе изучения площади месторождения [Черняев, 2005ф; Волчков, 2005ф], каждому этапу соответствует возникновение своих систем разрывных нарушений.



Внедрение интрузивных тел *собского* комплекса контролировалось разломами северо-восточного, северо-западного и субмеридионального направлений. Эти разломы определяют вытянутость Новогодненского выступа гранитоидов (северо-восточные разломы), ориентировку контактов массива на западном и восточном флангах, а также его апофиз, даек диорит-порфиритов (северо-западные, субмеридиональные разломы). Эти разломы представлены крутопадающими кулисными зонами и, как правило, ограничиваются на месторождении более поздними разломами северо-западного и северо-восточного направлений. Они сопровождаются зонами брекчирования, дробления, разлинзования и метасоматической проработки мощностью до 5 – 10 (иногда до 20 – 30 м), вмещающими минерализованные зоны «березитов» с золото-сульфидно-кварцевым оруденением.

Внедрение апофиз интрузивного массива *собского* комплекса, имеющих в том числе и силлообразную форму (к западу от месторождения), сопровождалось развитием системы пологих, часто субсогласных слоистости зон трещиноватости и рассланцевания, а формирование гребневидных дайкообразных апофиз — развитием кулисных зон трещиноватости, флексурных и антиклинальных перегибов моноклинально залегающих вулканогенно-осадочных пород. Данные системы, вероятно, обусловили проникновение рудоносных растворов и формирование скарнов, а затем золото-сульфидно-магнетитового оруденения.

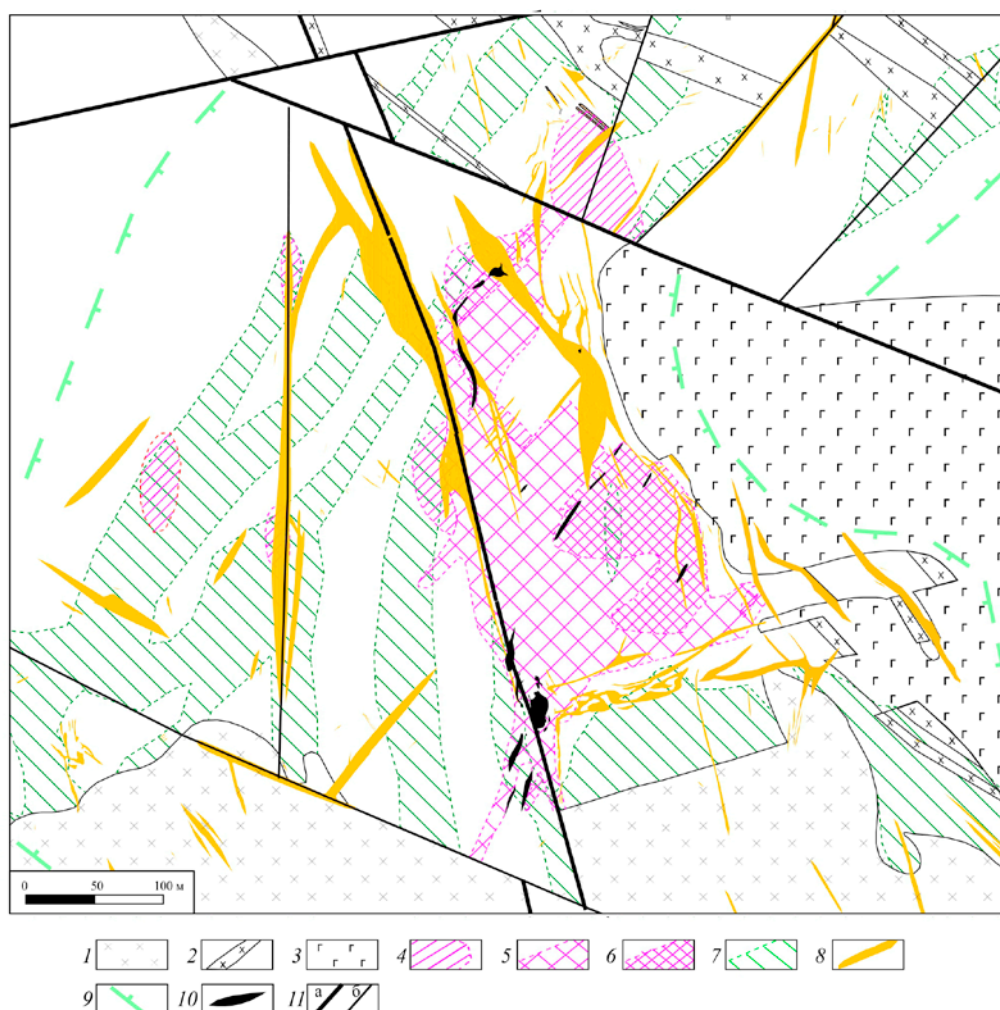
С *конгорским* этапом связано развитие и подновление разломов северо-западного направления и образование диагональной системы нарушений запад-северо-западной ориентировки, вмещающих пояса даек монцодиорит-порфиритов и контролирующих позицию фронтальной части («языка») силла габбро-долеритов. С *конгорским* этапом могут быть связаны также смещения блоков месторождения в горизонтальном и вертикальном направлении по нарушениям северо-восточного и северо-западного направлений, деформации и дробления рудовмещающих пород и руд, сопровождаемые перераспределением рудного вещества во вновь образованные зоны дробления и трещиноватости. Нарушения этого этапа наиболее хорошо проявлены в современной структуре месторождения, что позволило установить их сдвиго-сбросовый характер.

В *малоханмейский* этап развития структуры месторождения происходит подновление ранее заложенных разломов и систем трещин, а также новообразование зон трещиноватости различной ориентировки, выполненных дайками диабазов и лампрофиров.

Как видно из изложенного, разрывные и пликативные нарушения частично наследуются нарушениям предшествующего этапа и развиваются благодаря штамповой тектонике, сопровождающей внедрение интрузивных тел различных тектоно-магматических этапов. Не исключено, что тектонические нарушения подновлялись и в более позднее время, на что указывает выраженность некоторых из них в современном рельефе.

### 3.2. Типы метасоматических образований месторождения Новогоднее-Монто и их состав

На месторождении Новогоднее-Монто проявлен полихронный, полифациальный комплекс гидротермально-метасоматических изменений пород, с которыми сопряжена золото-сульфидная минерализация, включающий продукты пропилитизации, инфильтрационного скарнообразования и метасоматиты гидрослюдисто-(серицит-хлорит)-кварц-кальцитового состава («березиты»). Основными рудовмещающими метасоматитами на месторождении являются гранат-пироксеновые скарны и зоны «березитовых» изменений, к которым приурочено золотое оруденение главных структурно-вещественных типов. Метасоматическим изменениям в различной степени подвергся весь комплекс пород, слагающих площадь месторождения (Рисунок 3.15).



интрузивные породы: 1 — диориты собского комплекса, 2 — монцодиориты конгорского комплекса, 3 — габбро-долериты конгорского комплекса; метасоматиты: 4 — калишпатизированные породы, 5 — скарированные породы, 6 — инфильтрационные скарны, 7 — пропилиты актинолит-эпидотовой и эпидот-хлоритовой фаций, 8 — зоны минерализованных «березитов», 9 — ореол кальцит-хлоритовых изменений; 10 — сульфидно-магнетитовые тела выходящие на поверхность; 11 — разрывные нарушения: а — основные, б — второстепенные

Рисунок 3.15 — Схема распространения контактово-метасоматических и гидротермальных образований месторождения Новогоднее-Монто (по материалам ООО «НПО Геосфера» [Черняев, 2005ф] и исследований автора [Волчков, 2008ф])

На контакте с умеренно кислыми гранитоидами главных фаз собского комплекса (диориты, кварцевые диориты, тоналиты) по вмещающим вулканогенно-осадочным и карбонатным породам развиваются роговики, мраморы, околоскарновые полевошпатовые метасоматиты, инфильтрационные известковые скарны, а также пропилиты актинолит-эпидотовой, эпидот-хлоритовой и хлорит-кальцитовой фаций, накладывающиеся в том числе и на интрузив. Мощность метасоматитов контактовых ореолов достигает сотни метров. Постмагматические изменения в гранитоидах проявляются в альбитизации и эпидотизации, участками отмечается микроклинизация (до 2 – 3 %). Ранние метасоматиты сопровождаются развитием прожилков и гнезд кварц-альбит (калишпат)-эпидотового состава, нередко содержащих вкрапленность пирита.

Пропилитизация вулканогенных и интрузивных пород на месторождении, как это обычно характерно для площадей с проявлением рудно-магматической активности, распространена очень широко. Ореол пропилитизации охватывает всю площадь месторождения и выходит далеко на его периферию. По устойчивым парагенезисам выявлены несколько фаций пропилитовых изменений.

В эндоконтактных частях интрузивного массива собского комплекса пропилиты представлены локальными ореолами развития актинолит-эпидотовой более ранней фации. На всей остальной площади проявлена более поздняя площадная пропилитизация эпидот-хлоритовой и кальцит-хлоритовой фаций, накладывающаяся в том числе на ранние пропилиты. Поскольку ведущую роль среди метасоматических изменений в пределах месторождения занимают более поздние скарны и «березиты», ореол пропилитизации отчетливо проявлен главным образом на его безрудных флангах.

Пропилиты эпидот-хлоритовой фации образуют широкие ореолы, включающие и эндоконтактные части массива гранитоидов. Они отчетливо контролируются элементами разрывной тектоники и, в первую очередь, зонами трещиноватости северо-восточного простирания. Такой контроль обуславливает лентовидную форму (по данным ООО «НПО Геосфера» [Черняев, 2005ф]) ореолов шириной до десятков и протяженностью сотни метров. Как видно на схеме (см. Рисунок 3.15), лентовидные зоны пропилитизации и контролирующая их трещиноватость могут быть обусловлены литологической неоднородностью вмещающей вулканогенно-осадочной толщи, на что может указывать совпадение направлений простирания напластования пород и зон эпидот-хлоритовых пропилитов.

Пропилиты кальцит-хлоритовой фации проявлены повсеместно и образуют мощный ореол более 700 м в поперечнике. В центральной части месторождения пропилиты кальцит-хлоритовой фации накладываются также на скарны и околоскарновые породы, что указывает на пульсационный (прогрессивно-регрессивный) характер образования пропилитовых изменений в

течении времени. Это хорошо видно по результатам проведенных автором минералого-петрографических исследований, которые показали различные взаимоотношения минералов пропилитов со скарнами. В одних случаях установлено пересечение пропилитизированных туфов прожилками эпидот-гранатового состава, что указывает на более позднее проявление инфильтрационных скарнов по отношению к пропилитизации, в других случаях отчетливо проявлено наложение пропилитизации на скарны и скарнированные породы (регрессивная пропилитизация).

Необходимо отметить, что в зависимости от интенсивности пропилитизации, степень изменения исходной породы может варьировать от избирательного до практически полного замещения первичных минералов новообразованными. Содержание последних колеблется от 5 – 10 до 50 %. В пропилитизированных породах практически всегда сохраняются реликты первичной породы. В процессе пропилитизации в первую очередь замещению подвергаются темноцветные минералы, затем полевые шпаты, основная масса, в последнюю очередь обломочный материал. Зональность пропилитов на самом месторождении не выражена или проявлена нечетливо, а их фациальная изменчивость реставрируется только по реликтам минералов-индикаторов.

Типоморфными минералами пропилитов актинолит-эпидотовой, эпидот-хлоритовой и кальцит-хлоритовой фаций наряду с актинолитом, эпидотом и хлоритом является альбит. Он наблюдается в ассоциации с актинолитом, эпидотом, хлоритом и в большинстве случаев представлен интерстиционным агрегатом тонко полисинтетически сдвойникованных зерен. Содержание альбита в пропилитах колеблется от 5 – 8 до 25 %.

Хлорит является одним из наиболее распространенных минералов пропилитов. Обычно он развивается по темноцветным минералам. Кроме того, он наблюдается в прожилках в ассоциации с альбитом, кварцем, эпидотом, кальцитом, пиритом. Хлорит, по данным проведенных автором совместно со специалистами отдела минералогии и изотопной геохимии ЦНИГРИ микроскопических исследований, представлен магнезиально-железистыми разностями типа пеннина и клинохлора.

Актинолит является индикатором более высокотемпературной фации пропилитов. Он развивается преимущественно по темноцветным минералам (пироксенам и роговой обманке) первичных пород и, в свою очередь, замещается хлоритом.

Эпидот в пропилитах проявлен очень широко. В ассоциации с альбитом, актинолитом, хлоритом он развивается по породообразующим минералам, а также образует гнезда и прожилки с кварцем, кальцитом, пиритом, реже пренитом и цеолитами. Формированием цеолит-кальцит-пренитовой ассоциации, видимо, завершается процесс пропилитизации. На основании проведенных автором микроскопических наблюдений предполагается ее проявление в постпродуктивную стадию процесса рудообразования.



Инфильтрационные известковые скарны месторождения Новогоднее-Монто развиваются на контакте вулканогенно-осадочных пород тоупугольской толщи с постройками, линзами и прослоями рифогенных известняков, а также по карбонатсодержащим вулканогенно-осадочным породам на участках фациальных переходов от известняков к вулканогенно-осадочным породам. Их положение контролируется не только морфологией тел известняков и карбонатсодержащих горизонтов вулканогенной толщи, но и в ряде случаев разрывными нарушениями. Все скарновые залежи располагаются в приконтактной и надынtruzивной части Новогодненского выступа гранитоидов рудоносного собского комплекса. Непосредственного контакта гранитоидов и скарнов в пределах месторождения не известно поскольку выходящая на дневную поверхность часть выступа интрузивного массива отделена от области распространения скарнов субширотной зоной дробления и метасоматической проработки сдвигово-взбросового характера.

Наиболее благоприятными для образования скарнов являются туфы с известковистым цементом, менее благоприятны горизонты эффузивов андезитобазальтов (практически не скарнируются), мраморизованные известняки и кварцевые диориты. Скарновые залежи имеют в плане неправильные очертания, в разрезе — линзовидную и лентовидную форму (см. Рисунок 3.6 — Рисунок 3.14). Мощность скарновых тел достигает десятков метров, а протяженность — до сотен метров. Скарны имеют достаточно однородный и выдержанный состав без ясной зональности. По минеральным парагенезисам автром выделены скарны пироксен-гранатовой с везувианом и пироксен-гранат-эпидотовой фаций [Андреев, 2006].

Главными минералами скарнов являются гранатgrossуляр-андрадитового ряда (40 – 90 %), пироксендиопсид-геденбергитового ряда (от первых процентов до 35 %) и эпидотпистацит (10 – 20 %). Второстепенными минералами являются полевые шпаты, везувиан и синезеленая роговая обманка. Гранат образует плотные зернистые агрегаты, друзовые агрегаты в гнездовидных выделениях при выполнении пустот и прожилков. Замещается гранат эпидотом, кальцитом, хлоритом. Пироксеныдиопсид-геденбергитового ряда образуют мелкогранобластовые агрегаты. Эпидот постоянно присутствует в скарнах в составе крупно-среднезернистого ксеноморфного агрегата вместе с гранатом.

В скарнированных туфогенно-осадочных породах на периферии скарновых тел сохраняется структура и минералы первичных пород, появляются новообразованные минералы — полевые шпаты, эпидот, а ближе к скарновым телам — пироксен и гранат. Общее количество скарновых минералов здесь не превышает 50 %.

Завершается формирование скарнов магнетитовой минерализацией. В результате образуются почти мономинеральные магнетитовые тела с вкрапленностью алюмосиликатов, кальцита и сульфидов. Магнетитовые залежи приурочены преимущественно к неровностям рельефа и областям выклинивания тел известняков на их контактах со скарнами. В целом на месторождении

существует два уровня локализации магнетитовых тел (см. Рисунок 3.14). Верхний локализован в кровле крупной постройки известняков в южной части месторождения. К этому уровню, на восточном выклинивании постройки известняков приурочена наиболее богатая магнетитовая залежь (залежь «Магнетитовая») — около 300 м по падению и мощностью до 80 м. Нижний уровень приурочен к подошве крупной постройки известняков и горизонтам скарнов и известняков ниже по разрезу (залежь «Скарновая»). Здесь сплошные магнетитовые тела представлены линзами и пластами мощностью не более первых метров, а основной объем минерализации представлен гнездово-прожилково-вкрапленным типом. На поверхность магнетитовые тела практически не выходят, лишь на выклинках скарновых тел по восстанию на поверхности вскрываются небольшие их линзы.

Кроме пластовых залежей магнетитовые тела формируют жиллообразные линзы, приуроченные к субмеридиональной тектонической зоне ограничивающей месторождение с запада (см. Рисунок 3.10, Рисунок 3.12, Рисунок 3.13). По мнению автора, эти линзы могут являться фрагментами субпластовых залежей, попавших в зону дробления.

Со скарнами и особенно магнетитовыми залежами тесно сопряжены участки развития золото-сульфидно-магнетитового типа оруденения.

К наиболее поздним гидротермально-метасоматическим преобразованиям пород месторождения относятся продукты кислотной стадии метасоматоза — серицит-хлорит-кварц-кальцитовые метасоматиты (условно называемые автором «березитами»). Они накладываются на все предшествующие типы измененных пород. С ними сопряжено прожилково-вкрапленное золото-сульфидно-кварцевое оруденение.

Мощность зон «березитов» колеблется от первых сантиметров до десятков сантиметров, при суммарной мощности в зонах трещиноватости до первых десятков метров. Протяженность зон от первых десятков метров до сотен метров. Измененные породы вместе с кварцевыми, кварц-кальцитовыми прожилками, осевыми кварцевыми жилами и линзами, вкрапленностью сульфидов образуют минерализованные зоны с прожилково-вкрапленным золотым оруденением. На месторождении выделяется несколько минерализованных зон, приуроченных преимущественно к системам разрывных нарушений северо-западного — субмеридионального простирания. Основные золоторудные минерализованные зоны «Разведочная», «Центральная» и «Восточная» (с запада на восток) локализованы в северной части (северном рудном блоке) месторождения в области выклинивания скарнов и магнетитовых тел, с юга «упираясь» в основное скарново-магнетитовое тело (см. Рисунок 3.3).

Зоны «березитов» так же распространены и на флангах месторождения, но существенной золоторудной минерализации они не несут. Здесь они контролируются нарушениями северо-восточного, северо-западного, субмеридионального и субширотного простираний.

Типоморфными минералами «березитов» являются кварц, серицит, кальцит, пирит, хлорит. Второстепенные — альбит, сфен. Минеральный состав и зональность «березитов» определяется преимущественно составом исходных пород. Наиболее значительной переработке подвергаются пирокластические породы, наименее — горизонты лав и разнообразные дайки. В строении метасоматических зон выделяются, иногда отчетливо, внутренняя зона кварцево-слюдистого или существенно кварцевого состава с обильной вкрапленностью пирита; промежуточная — кварцево-слюдисто-кальцитовая и внешняя — существенно хлоритовая (см. Рисунок 2.11). Во внешних зонах отчетливо сохраняются реликты пропилитизированных пород, а порообразующие минералы замещаются слюдисто-кальцитовыми агрегатами и хлоритом. В центральных зонах исчезают альбит и хлорит, увеличивается количество слюды и кварца, породы приобретают массивное строение и типичную лепидогранобластовую структуру. Именно к этой зоне приурочено основное количество золота.

Тонкочешуйчатые слюды по данным рентгенофазового анализа, выполненного в ЦНИГРИ (С.Г. Кряжев), отвечают политипной модификации 2M<sub>1</sub> — собственно серицит; в подчиненном количестве присутствует иллит (гидромусковит). В зонах дробления в тектонической глинке появляются смектиты (минералы группы монтмориллонит-каолинит), что может указывать на проявление процессов аргиллизации.

Карбонаты «березитов» в зависимости от состава исходных пород, по данным ООО «НПО Геосфера» [Черняев, 2005ф], представлены доломитом и кальцитом. В рудоносных кварцевых прожилках иногда присутствуют железистые карбонаты (анкерит, сидерит), которые образуют каймы и оторочки по периферии скоплений и прожилков рудных минералов. Вместе с тем, по полученным автором минералогическим данным, кальцит значительно преобладает, а другие карбонаты отмечаются лишь в единичных случаях.

Хлориты характерны для внешних зон изменений, в центральных зонах они замещаются кальцитом и слюдой. По данным определений состава хлоритов, выполненных в отделе минералогии и изотопной геохимии ЦНИГРИ, преобладают магнезиально-железистые разности в «березитах», а в прожилках — более железистые разности (модификация 14A<sup>0</sup>).

В кварцевых прожилках центральных зон «березитов» межзерновое пространство выполнено слюдисто-кварцевым агрегатом, а зальбанды и центральные части прожилков кальцитом. Рудные минералы, представленные сульфидами, присутствуют в количестве первых процентов. Преобладает пирит, в подчиненном количестве наблюдаются галенит, халькопирит.

Представленные в пределах месторождения типы метасоматических изменений являются характерным комплексом для рудных объектов плутоногенно-гидротермального генезиса. Особенностью месторождения, в первую очередь, является широкое распространение скарнов, что обусловлено присутствием в рудовмещающей толще карбонатных и карбонатсодержащих пород.

### 3.3. Строение, морфология и вещественный состав рудных тел месторождения Новогоднее-Монто

Как уже было отмечено выше, в объеме месторождения Новогоднее-Монто совмещены несколько типов золотого оруденения, имеющих промышленное значение. Характерной чертой месторождения является наличие здесь руд *золото-сульфидно-магнетитового типа*, образующих крупные линзы и пластообразные тела в инфильтрационных эпидот-пироксен-гранатовых скарнах. Месторождение Новогоднее-Монто, как уже упоминалось, было открыто как мелкое не-промышленное железо-магнетитовое месторождение [Монто, 1961ф]. *Золото-сульфидно-кварцевое оруденение* в зонах серицит-хлорит-кварц-кальцитовых метасоматитов («березитов»), не смотря на достаточно широкое распространение в пределах месторождения, менее продуктивны и содержащееся в них золото составляет не более 20 % балансовых запасов.

#### 3.3.1. Оруденение золото-сульфидно-магнетитового скарнового типа

Оруденение золото-сульфидно-магнетитового скарнового типа на месторождении Новогоднее-Монто представлено сульфидно-магнетитовыми рудными телами, которые имеют форму гнезд, линз и пластов мощностью от десятков сантиметров до первых десятков метров и приурочены к скарновым и скарново-магнетитовым залежам. На поверхность оруденение рассматриваемого типа практически не выходит, тем самым геологическая характеристика рудных тел приводится по результатам собственного изучения и интерпретации данных производственной первичной документации керна поискового и разведочного бурения, частично по результатам документации автором поверхности карьера-расчистки, где вскрыты северные выклинки минерализованных скарнов.

Скарны с золотосодержащей магнетитовой и сульфидно-магнетитовой минерализацией приурочены к слоям туфогенно-осадочных пород с горизонтами и линзами карбонатных пород и образуют крупные контактовые зоны (на контактах карбонатных и алюмосиликатных пород) неправильной и пластообразной формы. На месторождении скарны распространены в полосе шириной около 300 м, прослеженной в север-северо-восточном направлении на 400 м (см. Рисунок 3.2). В ее пределах выявлено несколько горизонтов скарнированных пород, падающих на восток-юго-восток, согласно с падением слоев рудовмещающей толщи. Золотое оруденение рассматриваемого типа на месторождении развито на двух сближенных стратиграфических уровнях, сложенных карбонатными и карбонатсодержащими вулканогенно-осадочными породами рудовмещающего разреза. На юге скарнированные породы срезаны тектонической зоной на контакте массива гранитоидов рудоносного собского комплекса. Полоса скарнов с востока перекрыта sillом



пострудных порфировидных габбро-долеритов конгорского комплекса. Мощность отдельных линз и слоев скарнов колеблется от первых метров до десятков метров, а мощность приуроченных к ним магнетитовых залежей составляет первые метры – десятки метров. По простиранию отдельные тела магнетитовых (сульфидно-магнетитовых) руд протягиваются на десятки и сотни метров. Поперечными разрывными нарушениями они разбиваются на блоки.

Основные рудные тела расположены в центральной и южной частях месторождения на глубинах 60 – 150 м и приурочены к не выходящей на поверхность залежи «Магнетитовая» (см. Рисунок 3.8 – Рисунок 3.14). Залежь тяготеет к контакту скарнов с нижележащими мраморизованными известняками и представляет собой сложно построенное тело нередко брекчированных и сульфидизированных (кобальтин, пирит, халькопирит, пирротин) сплошных и струевидных магнетитовых руд (Рисунок 3.16, Рисунок 3.17). Содержания сульфидов в залеже варьируют от 3 до 30 – 40 %. В ряде случаев, скарново-сульфидно-магнетитовые руды образуют субпластовые и секущие жилообразные тела в нижележащих мраморах.



Рисунок 3.16 — Золотоносная магнетитовая руда месторождения Новогоднее-Монто с кварц-кальцит-сульфидными гнездами и прожилками (спил фрагмента керна из коллекции автора)

Залежь оконтурена скважинами от бурового профиля 13 на юге до профиля 24 на севере (см. Рисунок 3.1). В плане ее ширина в южной части составляет до 350 м, на севере не превышает 100 м; протяженность с юга на север составляет 250 – 280 м, т.е. форма залежи близка к изометричной. Южнее бурового профиля 13 фланг залежи смещен по вертикали и латерали (предположительно поднят) по серии широтных разломов относительно северного крыла и вскрыт лишь в единичных пересечениях под диоритовым массивом на глубинах более 240 м на восточном фланге месторождения. В целом, магнетитовые руды и вмещающие их скарны и скарнированные вулканогенные породы окаймляют морфологически сложную зону выклинивания рифогенной постройки мраморизованных известняков, моноклинально падающую на восток – юго-восток.



Рисунок 3.17 — Золотоносные сплошные магнетитовые руды месторождения Новогоднее-Монто с гнездами и прожилками кальцита, скарновых минералов (фрагменты керна из коллекции автора)

Моноклинальное залегание пород тоупугольской толщи осложнено валообразным (антиформным) выступом постройки мраморизованных известняков с структурным уступом на западном крыле высотой до 150 м, прослеженным от бурового профиля 13 до профиля 18 (см. Рисунок 3.11 – Рисунок 3.13). Уступ ориентирован в северо-западном направлении — 300 – 310°. Максимальные мощности магнетитового тела до 30 – 40 м установлены на юго-западном крыле валообразного выступа по буровым профилям 14 и 16 (см. Рисунок 3.12 – Рисунок 3.13), а также в зоне фациального выклинивания мраморов по профилю 22 (см. Рисунок 3.9). К этим же участкам приурочена большая часть богатых золоторудных тел с содержанием золота 1 – 7 г/т и выше.

Промышленные концентрации золота (по результатам опробования АО «Ямалзолото») тяготеют в целом к нижним частям магнетитового тела, однако в ряде случаев (над выступом мраморов) наблюдается обогащение также средних или верхних их частей (см. Рисунок 3.9 – Рисунок 3.14). Севернее профиля 20 одновременно с выклиниванием магнетитовых залежей, концентрации золота снижаются до десятых долей г/т. Аналогичное снижение концентрации золота отмечено автором и на восточном выклинивании магнетитовых залежей.

Западнее уступа скарны и магнетитовые руды лежачего бока залежи в виде жилообразного тела резко воздымаются вверх, вплоть до образования цепочки выходов на дневную поверхность по близмеридиональной линии, которая субсогласна зонам «березитов». Во внутренних частях рифогенной постройки мраморов бурением выявлены многочисленные маломощные зоны брекчирования, сульфидизации (от 5 – 10 % до 80 – 90 % сульфидов, преимущественно пирит), окварцевания, часто приуроченные к контактам мраморов и линз вулканогенно-осадочных пород и скарнов. Мощность зон сульфидизации варьирует от 0,4 до 4,2 м. Содержания золота в рудных телах составляют от 7,6 г/т до 18 г/т (см. Рисунок 3.10, Рисунок 3.12).

В лежачем боку рифовой постройки локализован еще один стратиграфический уровень скарнов с золото-сульфидно-магнетитовым оруденением (залежь «Скарновая»).

Залежь «Скарновая» в своей северной части выходит на поверхность (см. Рисунок 3.3, Рисунок 3.14) и была вскрыта и опробована в ходе поисковых работ ОАО «ПУГГП» в 1993 – 2001 гг., в карьере-расчистке, где было предварительно выделено рудное тело «Скарновое» (длина 50,0 м, мощность 4,9 м, глубина по падению 50 м, среднее содержание Au 5,1 г/т) [Перминов, 2002ф; Волчков, 2001ф]. Впоследствии при разведке АО «Ямалзолото» месторождения залежь была прослежена буровыми профилями с 30 — на севере до 20 — на юге, далее на юг залежь выклинивается (см. Рисунок 3.5 – Рисунок 3.10).

Литологически, залежь приурочена к неоднородной пачке мощностью от 20 – 40 до 120 м скарнированных (вплоть до образования известковых скарнов) вулканогенно-осадочных пород, подстилающей постройку мраморов. В верхней части пачки по буровым профилям 26, 22, 20 скважинами выявлены невыдержанные пласто-, линзообразные тела сплошных магнетитовых

руд, однако для залежи «Скарновая» более характерны пластообразные тела сульфидных и сульфидно-магнетитовых гнездово-прожилково-вкрапленных руд образующих достаточно протяженные, кулисообразно построенные зоны минерализации без явной подчиненности литологическим границам. Примером интенсивности этого процесса может служить пересечение залежи «Скарновая» скважиной 20/11, где содержание золота составило 2,15 г/т на мощность 31,3 м (см. Рисунок 3.10). По серии буровых пересечений в пределах залежи АО «Ямалзолото» оконтурено золоторудное тело средней мощностью 2,28 м при среднем содержании золота 10,16 г/т. Залежь «Скарновая», как и залежь «Магнетитовая», повторяет контуры постройки мраморизованных известняков, погружается на восток и юг на глубины свыше 300 м и на ряде профилей (22, 20) не оконтурена в восточном направлении.

Основными *рудными минералами* золото-сульфидно-магнетитового типа на месторождении Новогоднее-Монто являются (в порядке последовательности их формирования) — магнетит, кобальтин, пирит, пирротин, халькопирит, сфалерит, арсенопирит, гематит. Характеристика минерального состава руд приведена по результатам минералогических исследований, выполненных автором совместно со специалистами отдела минералогии и изотопной геохимии (С.Г. Кряжев и С.С. Двуреченская) по образцам, отобраным автором при проведении полевых исследований на месторождении. Эти данные были частично представлены в публикациях автора и с его участием [Андреев, 2006, 2011, 2016<sup>1</sup>, 2016<sup>2</sup>; Двуреченская, 2007], использованы в совместной работе С.Г. Кряжева и С.Г. Соловьева [Soloviev, 2013]. Позднее схожие данные были получены и опубликованы Ю.Н. Ивановой с соавторами [Иванова, 2015, 2016; Викентьев, 2016 и др.].

### **Минеральный состав золото-сульфидно-магнетитовых руд**

Выполненные автором минералогические анализы показали, что золотоносность рассматриваемого типа оруденения определяется как количеством сульфидов, так и продуктивностью последних (Таблица 3.2). В наибольшей степени обогащение золотом установлено при повышенном количестве кобальтина. При ограниченном развитии сульфидов практически всё золото концентрируется в магнетите, что указывает, помимо прочего, на связь золота не исключительно с сульфидными минералами, а с сульфидно-магнетитовой минеральной ассоциацией в целом.

Магнетитовое оруденение скарнов сопровождается выносом большого числа элементов, в первую очередь Ti, V, Mn, и концентрацией Zn, В и Cu (Таблица 3.3).

**Магнетит** (кристаллохимическая формула:  $\text{FeFe}_2\text{O}_4$  или  $(\text{Fe}^{2+}, \text{Mn}, \text{Mg})(\text{Fe}^{3+}, \text{Al}, \text{Cr}, \text{V})_2\text{O}_4$ ) — постоянный минерал золото-сульфидно-магнетитовых руд. Магнетит характеризуется достаточно отчетливым зональным строением, что является типичным для магнетита контактово-метасоматического происхождения. По результатам выполненных автором совместно с С.С. Двуреченской минералогических исследований, в рудах выделено три генерации этого минерала.

Таблица 3.2 — Результаты минералогического анализа руд месторождения Новогоднее Монго (материал технологических скважин) (по результатам минералогического анализа руд месторождения Новогоднее Монго (материал технологических скважин) (по результатам исследований автора [Волчков, 2005ф])

| № пробы  | Описание                                                                               | Тяжелая фракция |                                                                                                                             |                                  |                                                                  | Легкая фракция                          |        | Содержание Au, г/т   |                     |                   |                           |
|----------|----------------------------------------------------------------------------------------|-----------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------|------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------|--------|----------------------|---------------------|-------------------|---------------------------|
|          |                                                                                        | Выход %         | Состав                                                                                                                      |                                  |                                                                  | В следах                                | Состав | В сульфидной фракции | В магнитной фракции | Расчетное в пробе | % Au в сульфидной фракции |
|          |                                                                                        |                 | Главные минералы                                                                                                            | %                                |                                                                  |                                         |        |                      |                     |                   |                           |
| K-18Д-10 | Массивные магнетитовые руды с примесью сульфидов 5 %, Au 6,2 г/т                       | 95,1            | Пирит<br>Амфибол<br>Магнетит,<br>магнетит в сростках с пиритом,<br>амфиболом,<br>кварцем, хлоритом                          | 0,9<br>0,2<br>98,9               | Гранат<br>Сфен<br>Апатит                                         | Кварц<br>Кальцит<br>Хлорит<br>Пол. шпат | 31,4   | 2,6                  | 2,7                 | 12                |                           |
| K-8Д-10  | Гнездово-вкрапленные сканово-магнетитовые руды с примесью сульфидов 5-15 %, Au 5,5 г/т | 93,7            | Пирит<br>Кобальтин<br>Магнетит,<br>магнетит в сростках с пиритом, кварцем, хлоритом                                         | 2,5<br>0,5<br>97                 | Пироксен<br>Гранат<br>Ставролит<br>Апатит<br>Циркон<br>Кобальтин | Кварц<br>Кальцит<br>Хлорит<br>Пол.шпат  | 170    | 1,2                  | 5,5                 | 87                |                           |
| K-13Д-12 | Массивные сульфидно-магнетитовые руды с содержанием сульфидов более 30 %, Au 14,6 г/т  | 91,6            | Кобальтин<br>Пирит<br>Пироксен<br>Амфибол<br>Магнетит,<br>магнетит в сростках с пиритом,<br>амфиболом,<br>кварцем, хлоритом | 1,5<br>1,5<br>2,0<br>0,7<br>94,3 | Апатит<br>Самородное золото в кобальтине (5 знаков)              | Кальцит<br>Хлорит<br>Кварц<br>Пол.шпат  | 325,5  | 1,9                  | 10,5                | 93                |                           |
| НВГ-2    | Кварцевая жила (зона «Разведочная», расчистка скв. НМ-504)                             | 0,5             | Пирит                                                                                                                       | 99,9                             | Халькопирит<br>Галенит<br>Петцит<br>Гессит<br>Сам. золото        | Кварц<br>Кальцит<br>Слюда<br>Пол.шпат   | 253    | н/о                  | 1,3                 | 100               |                           |



Таблица 3.3 — Распределение элементов между сульфидной и магнитной фракциями сульфидно-магнетитовых руд месторождения Новогоднее-Монто (материал технологических скважин) (по результатам исследований автора [Волчков, 2005ф])

| Элементы | Проба К-18Д-10 |       | Проба К-13Д-12 |         |
|----------|----------------|-------|----------------|---------|
|          | С              | К     | С              | К       |
| Au       | 0,12           | 11,9  | 0,93           | 171,3   |
| Ag       | 0,15           | 15,3  | 0,44           | 19,6    |
| Pb       | 0,12           | 11,9  | 0,06           | 1,9     |
| Te       | 0,66           | 150,9 | 1,00           | 35037,1 |
| As       | 0,14           | 13,9  | 1,00           | 507,9   |
| Sb       | 0,11           | 10,7  | 0,29           | 10,8    |
| Pb       | 0,12           | 11,9  | 0,06           | 1,9     |
| Cu       | 0,13           | 12,2  | 0,38           | 15,8    |
| Zn       | 0,01           | 1,3   | 0,01           | 0,3     |
| Co       | 0,18           | 18,3  | 1,00           | 465,6   |
| Mo       | 0,04           | 3,7   | 0,25           | 8,7     |
| Ba       | 0,02           | 2,0   | 0,33           | 12,6    |
| W        | 0,02           | 1,8   | 0,01           | 0,2     |
| Hg       | 1,00           |       | 0,04           | 1,0     |
| Bi       | 0,15           | 14,4  | 1,00           | 394,4   |
| Sn       | 0,04           | 3,3   | 0,09           | 2,8     |
| Cd       | 0,16           | 16,1  | 0,20           | 6,6     |
| Se       | 0,29           | 34,9  | 0,85           | 106,2   |
| Tl       | 0,08           | 7,8   | 0,18           | 5,8     |
| Th       | 0,03           | 2,3   | 0,04           | 1,1     |
| U        | 0,01           | 1,0   | 0,05           | 1,4     |
| Li       | 0,00           | 0,2   | 0,04           | 1,2     |
| Be       | 0,00           | 0,1   | 0,01           | 0,3     |
| B        | 0,00           | 0,3   | 0,01           | 0,3     |
| Ti       | 0,04           | 3,6   | 0,08           | 2,5     |
| V        | 0,00           | 0,0   | 0,14           | 4,4     |
| Cr       | 0,00           | 0,0   | 0,08           | 2,3     |
| Mn       | 0,01           | 0,6   | 0,08           | 2,2     |
| Sc       | 0,01           | 0,7   | 0,09           | 2,6     |
| Ga       | 0,00           | 0,1   | 0,01           | 0,3     |
| Ge       | 0,00           | 0,2   | 0,01           | 0,3     |
| Rb       | 1,00           |       | 0,09           | 2,7     |
| Sr       | 0,01           | 0,6   | 0,14           | 4,3     |
| Y        | 0,02           | 1,7   | 0,11           | 3,2     |
| Zr       | 0,01           | 1,2   | 0,06           | 1,6     |
| Nb       | 0,01           | 0,5   | 0,02           | 0,7     |
| Cs       | 0,01           | 1,0   | 0,05           | 1,4     |
| PЗЭ      | 0,03           | 2,3   | 0,20           | 6,9     |
| Hf       | 0,03           | 2,6   | 0,06           | 1,7     |
| Ta       | 0,03           | 3,0   | 0,02           | 0,5     |

Примечание: С — доля элемента в пробе, рассчитанная как отношение массы элемента в сульфидной фракции к общей массе элемента в пробе; К — коэффициент концентрации, рассчитанный как отношение содержания элемента в сульфидной фракции к содержанию элемента в магнитной фракции. Рассчитано по результатам раздельного анализа фракций руды методом ICP MS

*Магнетит-I* — самый ранний рудный минерал, кристаллизующийся в процессе скарно-образования в допродуктивную стадию. Образует массивные и неравномерно зернистые агре-

гаты, составляющие основную часть магнетитовых залежей. Поверхность обычно кавернозная щербатая, зональность не отчетливая. Минерал часто разбит многочисленными трещинами, выполненными кавернозным пиритом, реже халькопиритом, а также нерудными минералами. Встречается также в интерстициях эпидота и граната, составляющих скарны (скв. 18/6, 45,2 м). Иногда в кавернах раннего магнетита встречается наложенное самородное золото (Рисунок 3.23 а, Рисунок 3.24 а и др.).

*Магнетит-II* (мушкетовит) — образует радиально-лучистые агрегаты (псевдоморфозы по гематиту), среди которых иногда отмечается тонкая изометричная вкрапленность гематита (скв. 16/2, 15,7 м и др.). Встречается относительно редко и преимущественно в скарноидах по пирокластическим породам с реликтами гематита. По мушкетовиту с краев и по трещинкам развиваются прожилково-вкрапленные выделения пирита-I. Предположительно мушкетовит кристаллизовался позднее магнетита-I и входит в продуктивную минеральную ассоциацию.

*Магнетит-III* — практически всегда отчетливо зональный и более раскристаллизованный, чем магнетит-I. Поверхность чистая и гладкая. Он представлен в виде кучных скоплений или отдельных октаэдрических кристаллов и их сростков, иногда с изометричными мелкими (0,002 мм) включениями пирротина. Как правило, кристаллы магнетита-III сгруппированы в цепочки вокруг пирита-I, а иногда (скв. 16/7, 60,6 м) образуют густую, рассеянную вкрапленность размером 0,004 мм в жильных минералах. Вместе с тем встречаются и более крупные идиоморфные кристаллы до 0,06 мм в ассоциации с пиритом-I (скв. 16/6, 36,8 м) и халькопиритом. В ряде случаев на кристаллы магнетита-III нарастает сфалерит или имеет с ним срастания по ровной границе. По выявленным взаимоотношениям, магнетит-III кристаллизовался близодновременно с пиритом-I, халькопиритом-I и сфалеритом, с которыми составляет единую раннюю продуктивную минеральную ассоциацию.

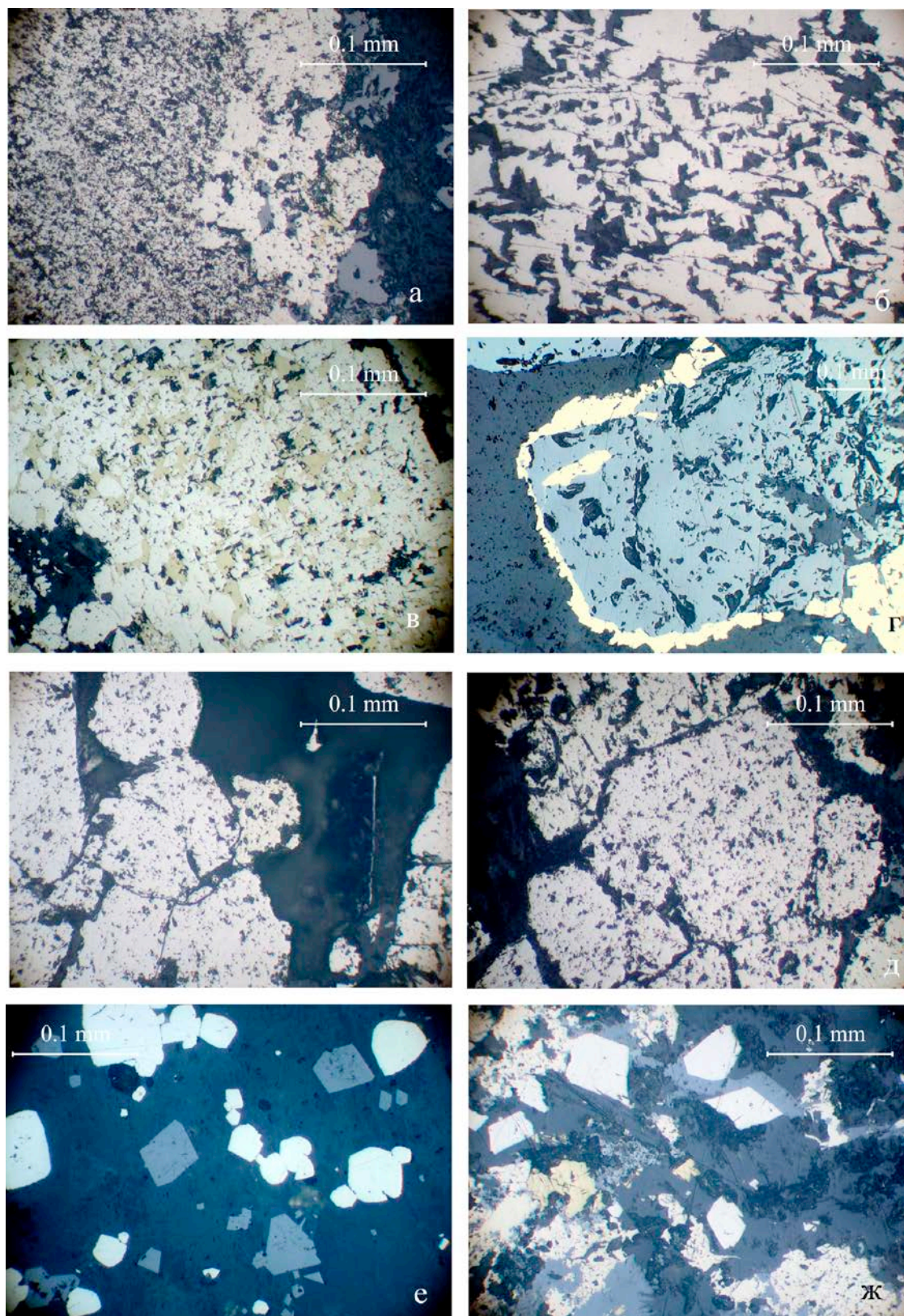
*Пирит* ( $\text{FeS}_2$ ) — самый распространенный сульфидный минерал в рудах месторождения и вмещающих породах. Количество его варьирует в широких пределах — от 5 до 90 % (по изученным аншлифам). Минерал присутствует во всех типах руд, является сквозным и ассоциирует практически со всеми рудными минералами. Отложение пирита, а также его перекристаллизация, растворение и регенерация происходили в течение всего рудообразующего процесса, протекающего на месторождении, а также и позднее, что выражается частым присутствием пиритовой минерализации в пострудных дайках монцодиорит-порфириров, диабазах, лампрофирах и на их контактах. По результатам изучения автором совместно с С.С. Двуреченской аншлифов и рентгеноспектрального микроанализа, выполненного в ЦНИГРИ, в золото-сульфидно-магнетитовых рудах выделяется две генерации пирита (пирит-Ia и пирит-Iб) (Таблица 3.4).

*Пирит-Ia* (кристаллохимическая формула:  $\text{Fe}_{1.00}\text{S}_{2.00}$ ) — широко распространенный минерал в золото-сульфидно-магнетитовых рудах и составляет основную долю от всех разновидностей пирита на месторождении. Он образует гнезда, мелкую рассеянную вкрапленность, ксеноморфные выделения, тонкие прожилки, крупные (до 1,5 см) бесформенные скопления в магнетите, породообразующих и жильных минералах. В ряде случаев пирит-I обрастает дробленными зернами кальцита (скв. 16д) или образует послойные протяженные микрзоны вдоль полосчатости в дробленных мраморах (скв. 14/3, 90,3 м).

Таблица 3.4 — Химический состав пирита месторождения Новогоднее-Монто (масс.%) (по результатам исследований автора [Волчков, 2005ф])

| S            | Fe           | As          | Co          | Au          | Bi          | Ni          | Cu          | Se          | Ag          | Sb          | Σ             | № обр.         | Тип |
|--------------|--------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|---------------|----------------|-----|
| 52.30        | 45.76        | 1.54        | 0.24        | 0.18        | 0.15        | 0.03        | 0.02        | 0.02        | 0.01        | 0           | 100.25        | к-13д-11       | Ia  |
| 50.85        | 45.74        | 1.55        | 0.15        | 0           | 0.15        | 0           | 0.11        | 0           | 0.02        | 0           | 98.57         | 18д-10         |     |
| 52.05        | 45.53        | 1.02        | 0.09        | 0           | 0.08        | 0.01        | 0.04        | 0           | 0.08        | 0           | 98.9          | 2/8-282.1      |     |
| <b>51.73</b> | <b>45.68</b> | <b>1.37</b> | <b>0.16</b> | <b>0.06</b> | <b>0.13</b> | <b>0.01</b> | <b>0.06</b> | <b>0.01</b> | <b>0.04</b> | <b>0</b>    | <b>99.25</b>  | <b>среднее</b> |     |
| 53.46        | 44.75        | 0.04        | 2.64        | 0           | 0.07        | 0.05        | 0           | 0.04        | 0.02        | 0           | 101.07        | 18д-10         |     |
| 53.47        | 43.69        | 0.63        | 2.71        | 0           | 0.09        | 0.01        | 0.09        | 0.03        | 0.02        | 0           | 100.74        | 18д-10         |     |
| 52.3         | 43.70        | 0.56        | 2.47        | 0           | 0.18        | 0.01        | 0.08        | 0.03        | 0           | 0           | 99.33         | 18/7-88.1      |     |
| 53.61        | 44.99        | 0.02        | 1.90        | 0.04        | 0.02        | 0.01        | 0.04        | 0           | 0.01        | 0           | 100.64        | 18д-10         |     |
| <b>53.21</b> | <b>44.28</b> | <b>0.31</b> | <b>2.43</b> | <b>0.01</b> | <b>0.09</b> | <b>0.02</b> | <b>0.05</b> | <b>0.02</b> | <b>0.01</b> | <b>0.01</b> | <b>100.43</b> | <b>среднее</b> |     |
| 52.59        | 45.78        | 0.47        | 0.29        | 0.07        | 0.05        | 0           | 0.24        | 0.03        | 0           | 0.01        | 99.53         | 18д-10         |     |
| 53.17        | 46.19        | 0.17        | 0.54        | 0           | 0.20        | 0           | 0.01        | 0.02        | 0           | 0           | 100.3         | 16/7-60.6      |     |
| 53.53        | 45.76        | 0.04        | 0.33        | 0           | 0.13        | 0.01        | 0.04        | 0           | 0.04        | 0.04        | 99.92         | 16/7-60.6      |     |
| 52.64        | 46.00        | 0           | 0.15        | 0           | 0.13        | 0           | 0.05        | 0           | 0.04        | 0           | 99.01         | 18/7-88.1      |     |
| 52.03        | 45.91        | 0           | 0.11        | 0.03        | 0.18        | 0.01        | 0.01        | 0.04        | 0           | 0.04        | 98.36         | 18д-10         |     |
| 53.50        | 47.03        | 0.03        | 0.05        | 0           | 0.14        | 0.06        | 0.02        | 0.04        | 0           | 0           | 100.87        | 18д-10         |     |
| 53.84        | 46.77        | 0.16        | 0.02        | 0.03        | 0.08        | 0           | 0.01        | 0           | 0.04        | 0           | 100.95        | 18д-10         |     |
| 53.51        | 46.42        | 0.08        | 0.09        | 0.04        | 0.23        | 0           | 0.01        | 0.03        | 0.05        | 0           | 100.46        | 14д-5          |     |
| 53.57        | 46.63        | 0.07        | 0.03        | 0.08        | 0.30        | 0.06        | 0.09        | 0.02        | 0           | 0           | 100.85        | к-13д-11       |     |
| 53.45        | 46.32        | 0           | 0.02        | 0           | 0.13        | 0.01        | 0           | 0           | 0           | 0           | 99.93         | к-13д-11       |     |
| <b>53.18</b> | <b>46.28</b> | <b>0.10</b> | <b>0.16</b> | <b>0.02</b> | <b>0.16</b> | <b>0.02</b> | <b>0.05</b> | <b>0.02</b> | <b>0.02</b> | <b>0.01</b> | <b>100.02</b> | <b>среднее</b> |     |
| 53.10        | 46.25        | 0.14        | 0.12        | 0.10        | 0.20        | 0.02        | 0           | 0           | 0.02        | 0           | 99.95         | к-13д-12       | Iб  |
| 53.06        | 46.68        | 0           | 0.07        | 0.11        | 0.20        | 0.06        | 0.01        | 0           | 0.01        | 0.03        | 100.23        | к-13д-12       |     |
| <b>53.08</b> | <b>46.47</b> | <b>0.07</b> | <b>0.10</b> | <b>0.10</b> | <b>0.20</b> | <b>0.04</b> | <b>0</b>    | <b>0</b>    | <b>0.02</b> | <b>0.02</b> | <b>100.01</b> | <b>среднее</b> |     |
| 52.95        | 45.70        | 0.10        | 0           | 0           | 0.07        | 0           | 0.03        | 0           | 0           | 0           | 98.85         | к-15д-11       | II  |
| 52.57        | 45.92        | 0           | 0           | 0           | 0.27        | 0           | 0.05        | 0           | 0.01        | 0.03        | 98.85         | Н-24           | III |

Пирит-Ia ассоциирует практически со всеми минералами. Наиболее часто встречаются интерстициальные графические сростания с халькопиритом (Рисунок 3.18 в), который впоследствии возможно высвобождается из пирита и образует самостоятельные выделения. Также часто пирит-Ia образует каймоподобные выделения вокруг магнетита на контакте с жильными минералами или кристаллизуется в них в виде недоразвитых кристаллов. Нередки случаи сростания кобальтина с пиритом-Ia на контакте с магнетитом (Рисунок 3.18 д). В прожилках жильных минералов, в основном кварца и кальцита, часто отмечаются идиоморфные кристаллы пирита-Ia, ассоциирующего с кристаллами магнетита-III (Рисунок 3.18 е).



а) краевые зоны перекристаллизации раннего пирита (аншл. 18д-10); б) мирмекитоподобное срастание пирита с жильным минералом (аншл. 16/6-83); в) кобальтсодержащий пирит с интерстициальными вростками халькопирита (обр. 18д-10); г) каймы пирита вокруг магнетита в жильных минералах (аншл. 15д-19); д) пирит нарастает на кобальтин на контакте с жильными минералами аншл. 16/7-36,8); е) кристаллы пирита с кристаллами магнетита-III в кварц-кальцитовых прожилках (аншл. 13д-12); ж) окисленный пирит в ассоциации с арсенопиритом в трещиноватом кварце (аншл. 20/5-98,6)

Рисунок 3.18 — Выделения пирита в скарновых рудах месторождения Новогоднее-Монто (микрофотографии аншлифов автора и С.С. Двуреченской)



Кроме того, встречаются тонко-прожилковые выделения пирита, приуроченные к заллам прожилков жильных минералов. В ряде случаев, фиксируется сотово-послойное замещение пиритом нерудных минералов (скв. 20/6, 220,0 м).

Сам пирит-Ia часто замещается нерудными минералами — часто наблюдаются скелетные формы особенно среди хлоритовых скоплений (скв. 18/7, 52,6 м). Кроме того, по нему развивается халькопирит в виде ксеноморфных зерен или выполняет его интерстиции. Редко пирит-Ia содержит мелкую вкрапленность сфалерита. Достаточно часто пирит-Ia содержит тонкую вкрапленность высокопробного самородного золота, предположительно образованного близодновременно с ним в составе ранней продуктивной ассоциации.

Пирит-Ia характеризуется разнообразными микроскопическими формами выделения — от бесформенных скоплений до идиоморфных кристаллов сложного габитуса, различной размерностью — от микроскопических до крупнокристаллических выделений, а также различается оттенками в отраженном свете, обусловленных присутствием в пирите примесей. По результатам рентгеноспектрального микроанализа установлено три разновидности пирита первой генерации: кобальтсодержащий пирит (Со-пирит), мышьяксодержащий пирит (As-пирит) и промежуточный пирит с незначительной примесью этих элементов (см. Таблица 3.4).

Со-пирит (кристаллохимическая формула:  $(\text{Fe}_{0.95}\text{Co}_{0.05})_{1.00}\text{S}_{2.00}$ ) — в отраженном свете бледно-желтый и слабоанизотропный. Поверхность минерала слабо пористая на контакте с магнетитом, но в основном чистая, особенно краевые зоны. В химическом составе примесь Со достигает 2,71 масс. %, что в среднем составляет замещение железа кобальтом 1,98 % (см. Таблица 3.4). Наибольшие концентрации Со сосредоточены в чистом пирите, находящемся в срастании с халькопиритом или пирротинном (см. Рисунок 3.18 в, д), при этом Со-пирит с кобальтином крайне редко встречаются вместе. Вероятно, в одних участках месторождения отлагался кобальтин, а в других одновременно с ним Со-пирит.

As-пирит (кристаллохимическая формула  $(\text{Fe}_{1.00}\text{As}_{0.02})_{1.02}\text{S}_{1.98}$ ) — в отраженном свете темно-желтый и изотропный. Поверхность минерала сильно кавернозная, пористая. Встречается крайне редко и, как правило, среди магнетита в виде зернистых агрегатов, образующих разноориентированные прожилки или лапчатые скопления. Часто цементирует раздробленный магнетит. В массе нерудных минералов As-пирит образует метакристаллы кубической формы и их сростки разных размеров от 0,01 до 0,5 мм, но преобладают крупные кристаллы, содержащие реликты нерудных минералов и магнетита.

На микрофотографии (см. Рисунок 3.18 а) показано срастание пористого As-пирита (As 1,55 масс. %) с Со-пиритом (Со 2,64 масс. %). Предположительно As-пирит кристаллизовался



чуть раньше и на него нарастает Со-пирит, но более вероятно, что происходит перекристаллизация As-пирита в краевых зонах с привнесом Со — минерал очищается и поверхность становится чистой и гладкой.

Промежуточный пирит — в отраженном свете желтый с несколько различающимися оттенками, изотропный. Промежуточный и Со-пирит образуют самую разнообразную и более сложную форму выделений, чем As-пирит. Преимущественно встречаются кристаллы и их сростки пентагондодекаэдрической, октаэдрической формы выделений. Однако в некоторых образцах (скв. 20/6, 220 м; скв. 16/2, 15,7 м и др.) встречен пирит размером до 0,6 мм с нетипичными формами — шестоватыми и игольчатыми, возможно псевдоморфно образованными по марказиту и пирротину. Иногда промежуточный пирит выполняет интерстиции мелких многочисленных зерен эпидота и граната и в результате образуется тонкосетчатая текстура (скв. 18/6, 45,2 м). В сплошных пиритовых рудах отмечается мирмекитоподобное срастание пирита с жильными минералами, вследствие чего формируются причудливые узоры (см. Рисунок 3.18 б).

*Пирит-Іб* (кристаллохимическая формула  $\text{Fe}_{1,00}\text{S}_{2,00}$ ) — в отраженном свете отчетливо желтый и изотропный. Минерал распространен слабо и приурочен к мелким прожилкам, секущим более ранние пирит-магнетитовые скопления, поэтому время кристаллизации пирита-Іб явно после пирита-Іа, но вместе с тем они находятся в одной продуктивной ранней ассоциации.

Как правило, пирит-Іб образует ажурные бесформенные и вытянутые выделения в хлорит-кварцевых или хлорит-кварц-кальцитовых прожилках в тесной ассоциации с арсенопиритом (Рисунок 3.21 б). Вдоль зон дробления, проникающих на глубины более 100 м пирит часто сильно окислен и интенсивно замещен гетитом (см. Рисунок 3.18 ж).

В химическом составе пирита-Іб содержание примесей As и Со значительно меньше, чем в продуктивном пирите-Іа, (см. Таблица 3.4). Расчет кристаллохимической формулы показал идеальное отношение железа к сере.

**Кобальтин** (кристаллохимическая формула:  $(\text{Co}_{0,95}\text{Fe}_{0,05})_{1,00}\text{As}_{0,98}(\text{S}_{1,01}\text{Se}_{0,01})_{1,02}$ ) является типичным минералом золото-сульфидно-магнетитовых скарных руд (Рисунок 3.18 д, Рисунок 3.23 и др.). В количественном отношении в среднем не превышает 1 %, однако служит главным носителем самородного золота, что было установлено при сравнении данных анализа протоочных проб руд и результатов кернового опробования (см. Таблица 3.2). Причем с повышением доли сульфидов, увеличивается и количество кобальтина, и, соответственно, содержания золота.

Кобальтин образует октаэдрические кристаллы, реже угловатые и изометричные, а также зернистые агрегаты, размером до 0,3 мм. Поверхность кристаллов кобальтина бывает как слабо щербатой (пористой), так и чисто-гладкой. Предположительно разная поверхность у кобальтина, также как и у пирита-І, обусловлена условиями кристаллизации во время одной стадии: слабо

щербатый кобальтин кристаллизовался вначале и быстро, а чистый — относительно позднее и медленнее.

Слабо пористый кобальтин образуется в виде крупных кристаллов и отмечается среди слабо пористого пирита-I в магнетите. Обычно чисто-гладкий кобальтин встречается среди жильных минералов в сростании с пиритом-I, пирротинном, сфалеритом. Кобальтин образуется одновременно с указанными сульфидами и значительно позднее магнетита-I. Характерной особенностью кобальтина с чистой гладкой поверхностью является частое присутствие в нем мелких включений пирротина в парагенезисе с халькопиритом. Как правило, самородное золото приурочено именно к этим включениям.

По результатам рентгеноспектрального микроанализа в составе кобальтина присутствует существенная примесь Fe, находящаяся в обратной зависимости от примеси Se (Таблица 3.5). Наибольшие концентрации Fe отмечаются в более чистом кобальтине с включениями пирротина. Изоморфное замещение кобальта железом составляет 5 %, а замещение серы селеном — 0,98 %.

Таблица 3.5 — Химический состав кобальтина (масс.%) месторождения Новогоднее-Монто (по результатам исследований автора [Волчков, 2005ф])

| S            | Fe          | As           | Co           | Au          | Bi          | Ni          | Cu          | Se          | Ag          | Sb          | Σ             | № обр.         |
|--------------|-------------|--------------|--------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|---------------|----------------|
| 20.02        | 1.53        | 43.41        | 34.49        | 0.04        | 0.18        | 0.03        | 0           | 0.52        | 0.05        | 0.06        | 100.33        | к-13д-12       |
| 19.57        | 1.58        | 43.77        | 33.86        | 0.04        | 0.12        | 0.02        | 0.01        | 0.51        | 0.05        | 0.06        | 99.59         | к-13д-12       |
| 18.32        | 1.60        | 45.21        | 33.22        | 0.03        | 0.27        | 0.03        | 0           | 0.45        | 0.05        | 0.01        | 99.19         | 14/11-169      |
| 19.78        | 1.85        | 44.06        | 33.99        | 0.06        | 0.04        | 0.02        | 0.02        | 0.45        | 0.04        | 0.01        | 100.32        | к-13д-12       |
| 19.61        | 1.62        | 44.56        | 33.92        | 0.02        | 0.06        | 0.01        | 0.07        | 0.45        | 0.05        | 0.01        | 100.38        | к-13д-12       |
| 19.33        | 1.92        | 43.38        | 33.74        | 0.06        | 0.19        | 0.01        | 0           | 0.43        | 0.02        | 0.04        | 99.12         | к-13д-12       |
| 19.83        | 2.03        | 44.38        | 34.17        | 0.16        | 0.05        | 0.05        | 0.01        | 0.37        | 0.07        | 0.04        | 101.16        | к-13д-12       |
| 19.59        | 2.27        | 43.7         | 33.81        | 0.23        | 0.03        | 0.02        | 0.02        | 0.34        | 0.04        | 0.05        | 100.1         | к-13д-12       |
| 19.68        | 2.47        | 45.31        | 33.34        | 0.08        | 0           | 0.42        | 0.02        | 0.31        | 0           | 0.03        | 101.66        | 18/7-88.1      |
| <b>19.53</b> | <b>1.87</b> | <b>44.20</b> | <b>33.84</b> | <b>0.08</b> | <b>0.10</b> | <b>0.06</b> | <b>0.02</b> | <b>0.43</b> | <b>0.04</b> | <b>0.03</b> | <b>100.20</b> | <b>Среднее</b> |

**Пирротин** (кристаллохимическая формула:  $(\text{Fe}_{6,90}\text{Co}_{0,03}\text{Ni}_{0,01})_{6,94}\text{S}_{8,06}$ ) в существенном количестве до 50 % от всех рудных минералов встречается в рудах линзовидно-полосчато-брекчиевидной текстуры (Рисунок 3.22). Минерал образует пластинчатые сростки и агрегаты параллельно-шестоватой ориентированной текстуры. Обычно пирротин развивается по магнетиту-I, однако сам замещается халькопиритом и с краев обрастается поздним магнетитом. Как правило, пирротин имеет ровные границы сростания с кобальтином и пиритом, но иногда в ассоциации с халькопиритом и сфалеритом цементирует их катаклазированные зерна или выполняет интерстиции. Крайне редко пирротин встречается в пирит-арсенопиритовой ассоциации, где образует зерна вытянутой формы и ориентированные вдоль кальцит-кварцевых прожилков. Наряду с этим, пирротин иногда кристаллизуется в виде эмульсионной вкрапленности в пирите-I и магнетите-

III, однако наиболее часто эмульсионные включения пирротина совместно с халькопиритом отмечаются в кобальтине. Именно к этим сросткам в кобальтине приурочены многочисленные каплевидные выделения самородного золота, предположительно сингенетичные (Рисунок 3.23).

Расчет кристаллохимической формулы пирротина показал, что среди микропримесей присутствуют только Co и Ni (Таблица 3.6).

Таблица 3.6 — Химический состав пирротина (масс.%) (по результатам исследований автора [Волчков, 2005ф])

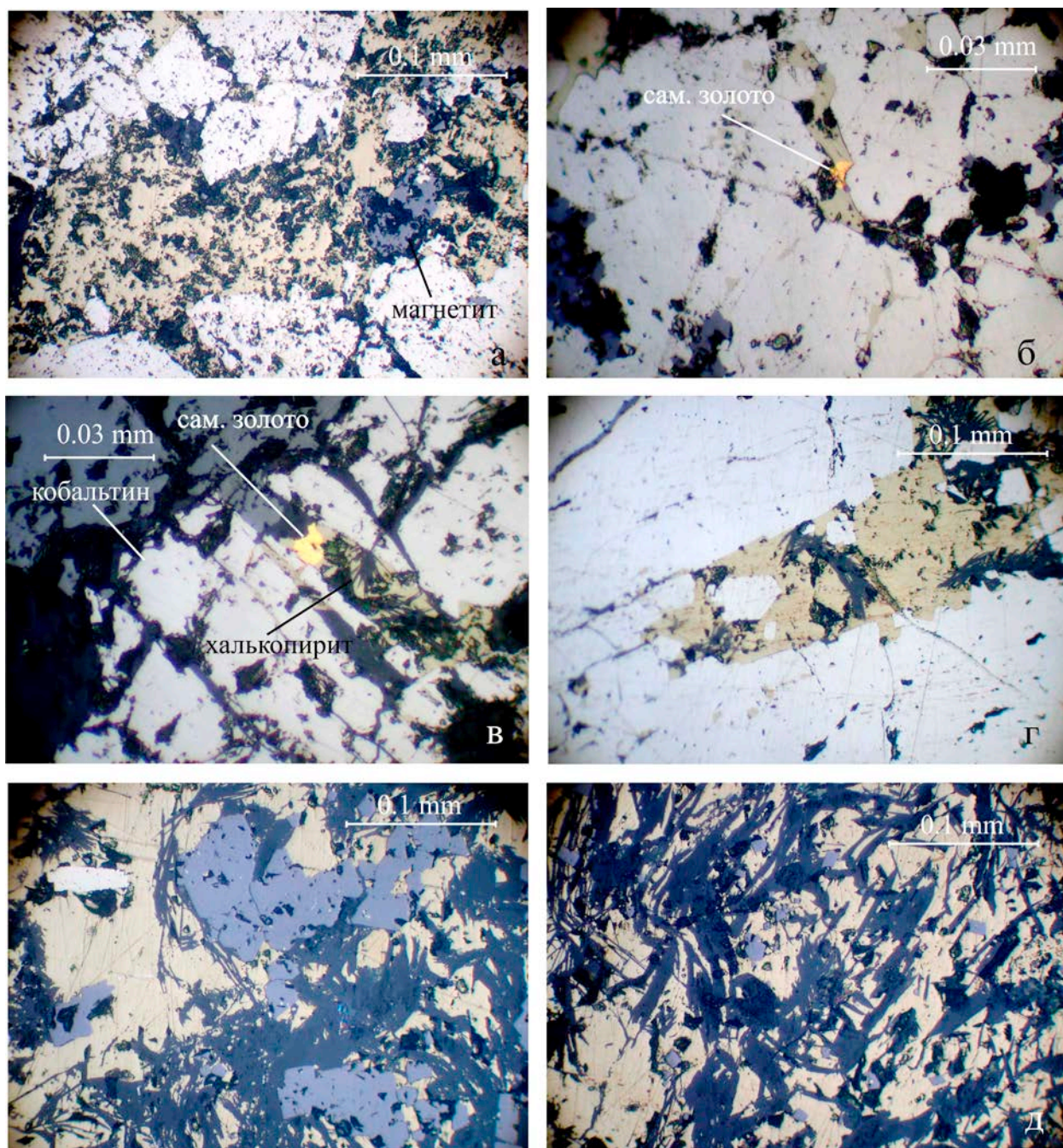
| S            | Fe           | Co          | Ni          | Cu          | As          | Ag       | Au          | Bi          | Σ            |
|--------------|--------------|-------------|-------------|-------------|-------------|----------|-------------|-------------|--------------|
| 39.34        | 58.48        | 0.27        | 0.09        | 0.02        | 0.03        | 0        | 0.08        | 0.19        | 98.50        |
| 39.27        | 58.75        | 0.32        | 0.11        | 0.03        | 0           | 0.01     | 0.11        | 0.22        | 98.82        |
| 39.40        | 58.68        | 0.27        | 0.10        | 0.03        | 0           | 0        | 0           | 0.11        | 98.59        |
| <b>39.34</b> | <b>58.64</b> | <b>0.27</b> | <b>0.10</b> | <b>0.03</b> | <b>0.01</b> | <b>0</b> | <b>0.06</b> | <b>0.17</b> | <b>98.62</b> |

*Халькопирит* встречается во всех типах руд на месторождении, однако содержание его варьирует в широких пределах. В золото-сульфидно-магнетитовых рудах представлен ранней генерацией (халькопирит-I). Это третий минерал по распространенности после магнетита и пирита, а его содержание может достигать 15 %.

*Халькопирит-I* (кристаллохимическая формула:  $\text{Cu}_{0.99}\text{Fe}_{1.00}\text{S}_{2.01}$ ) в золото-сульфидно-магнетитовых рудах распространен неравномерно, в рудных и жильных минералах и образует характерные микротекстуры — цементную, прожилковую и замещения (Рисунок 3.19 а). В относительно крупных скоплениях встречается достаточно редко. Однако в существенно эпидот-гранатовых скарнах количество его достигает 40 % от всех рудных минералов. В таких участках халькопирит образует крупные безформенные выделения с реликтами эпидота и граната, развивается в их интерстициях и по червеобразным агрегатам магнетита-I (скв. 26/1, 10,6 м). Здесь же совместно с пиритом-I кристаллизуется в зальбандах кальцитовых прожилков. Также в значимом количестве отмечается в богатых магнетит-пирротиновых рудах, где отмечается в виде прожилков и гнезд, замещающих пирротин (Рисунок 3.22).

Кроме того, халькопирит выполняет интерстиции в пирите (см. Рисунок 3.18 в) и образует прожилки в трещиноватом кобальтине или пирите (Рисунок 3.19 б-г), а в ряде случаев обрастает их и корродирует с краев. Иногда халькопирит со сфалеритом в виде мелких включений или тонких прожилков развивается по пириту-I или образует эмульсионную вкрапленность в сфалерите, заключенном в пирите-I. Вместе с тем, халькопирит тесно ассоциирует и с жильными минералами. Особенно часто встречается совместно с минералом ряда актинолит-тремолит, который образует лучистые агрегаты, содержащие кристаллы магнетита-III, и развивается по сросткам кристаллов пирита-I (Рисунок 3.19 д). Крайне редко тонкие прожилки халькопирита содержат мелкие изометричные золотишки.

Результаты рентгеноспектрального анализа показали, что в халькопирите иногда содержится примесь Со (Таблица 3.7).



а–б) прожилки «грязного» и «чистого» халькопирита в пирите (аншл. 20/6-220, 16/7-60,6); в–д) прожилки и крупные скопления «чистого» халькопирита в ассоциации с актинолитом (темные игольчатые кристаллы) (аншл. 13д-11, 18д-10, 20/5-98,6)

Рисунок 3.19 — Выделения халькопирита в скарновых рудах (микрофотографии аншлифов автора и С.С. Двуреченской)

Близповерхностный халькопирит часто окислен с краев и по трещинам В результате окисления халькопирита формируются гипергенные минералы — *борнит*, *халькозин*, *гетит*, *малахит*, *азурит*, а также проволоковидная *самородная медь*.

Таблица 3.7 — Химический состав халькопирита-I (масс.%) месторождения Новогоднее-Монто (по результатам исследований автора [Волчков, 2005ф])

| S            | Fe           | Cu           | Co          | Ni          | Se          | Ag          | Sb          | Au          | Bi          | Σ            | Аншлиф         |
|--------------|--------------|--------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|--------------|----------------|
| 34.66        | 30.15        | 33.57        | 0.11        | 0           | 0.02        | 0.01        | 0.05        | 0.02        | 0.01        | 98.6         | 16/7-60.6      |
| 33.84        | 30.51        | 33.13        | 0.10        | 0.02        | 0           | 0.04        | 0.01        | 0.15        | 0.07        | 97.87        | 18д-10         |
| 34.85        | 29.81        | 33.44        | 0           | 0.02        | 0.05        | 0.01        | 0           | 0           | 0           | 98.18        | 16/7-60.6      |
| 34.40        | 29.62        | 33.49        | 0.03        | 0           | 0           | 0.07        | 0.03        | 0           | 0.14        | 97.78        | 18/7-88.1      |
| 34.33        | 30.06        | 34.01        | 0.03        | 0.04        | 0.01        | 0.01        | 0.02        | 0.07        | 0.13        | 98.71        | 18/7-88.1      |
| 34.86        | 29.30        | 34.11        | 0.02        | 0.02        | 0           | 0.07        | 0.05        | 0           | 0.09        | 98.52        | к-13д-11       |
| 35.13        | 29.72        | 33.43        | 0           | 0.03        | 0.02        | 0.02        | 0.03        | 0           | 0.11        | 98.49        | 18д-10         |
| <b>34.58</b> | <b>29.88</b> | <b>33.60</b> | <b>0.04</b> | <b>0.02</b> | <b>0.01</b> | <b>0.03</b> | <b>0.03</b> | <b>0.01</b> | <b>0.08</b> | <b>98.28</b> | <b>Среднее</b> |

**Сфалерит** на месторождении встречается редко и обнаружен только в золото-сульфидно-магнетитовых рудах. Существенные его концентрации встречаются среди сульфидной минерализации, развитой в катаклазированных мраморах, где сфалерит образует зерна и скопления, вытянутые в одном направлении, согласно общей ориентировке прожилков в породе (скв. 14/3, 90,3 м). Размер зерен варьирует в широких пределах от 0,003 до 0,1 мм. Крупные выделения сфалерита иногда содержат вкрапленность в виде мелких идиоморфных кристаллов магнетита-III. Более мелкие зерна по ровной границе срастания контактирует с магнетитом-III и нарастают на октаэдрические кристаллы кобальтина (Рисунок 3.20 а). Однако, наиболее типична ассоциация сфалерита с халькопиритом и, как правило, оба в виде заливообразных выделений замещают пирит-I или отмечаются в нем в виде включений до 0,02 мм. Крайне редко сфалерит фиксируется непосредственно в сульфидно-магнетитовых рудах. В этом случае, минерал в виде отдельных мелких изометричных зерен или в срастании с халькопиритом также корродирует пирит-I или находится в нем (Рисунок 3.20 б).

Взаимоотношения сфалерита с рудными минералами указывает на его кристаллизацию после пирита и кобальтина, но вероятно во время одной стадии.

**Арсенопирит** встречается спорадически и, как правило, среди мелкозернистых кальцит-хлорит-кварцевых прожилков, секущих ранние образования пирит-магнетитового состава. Минерал наблюдается в виде одиночных и цепочковидных кристаллов ромбовидной формы или их сростков, размером в среднем 0,01 мм. Арсенопирит постоянно присутствует в одних прожилках с пиритом-Iб и халькопиритом-I (Рисунок 3.21) и возможно кристаллизуется близодновременно с ними.

**Гематит** встречается крайне неравномерно и относительно редко в скарных и сульфидно-кварцевых рудах, а также во вмещающих породах (скв. 13д; 2/8 и др.). В золото-сульфидно-магнетитовых рудах, в ряде случаев встречаются псевдоморфозы магнетита-II (мушкетовита) по пластинчатому гематиту.



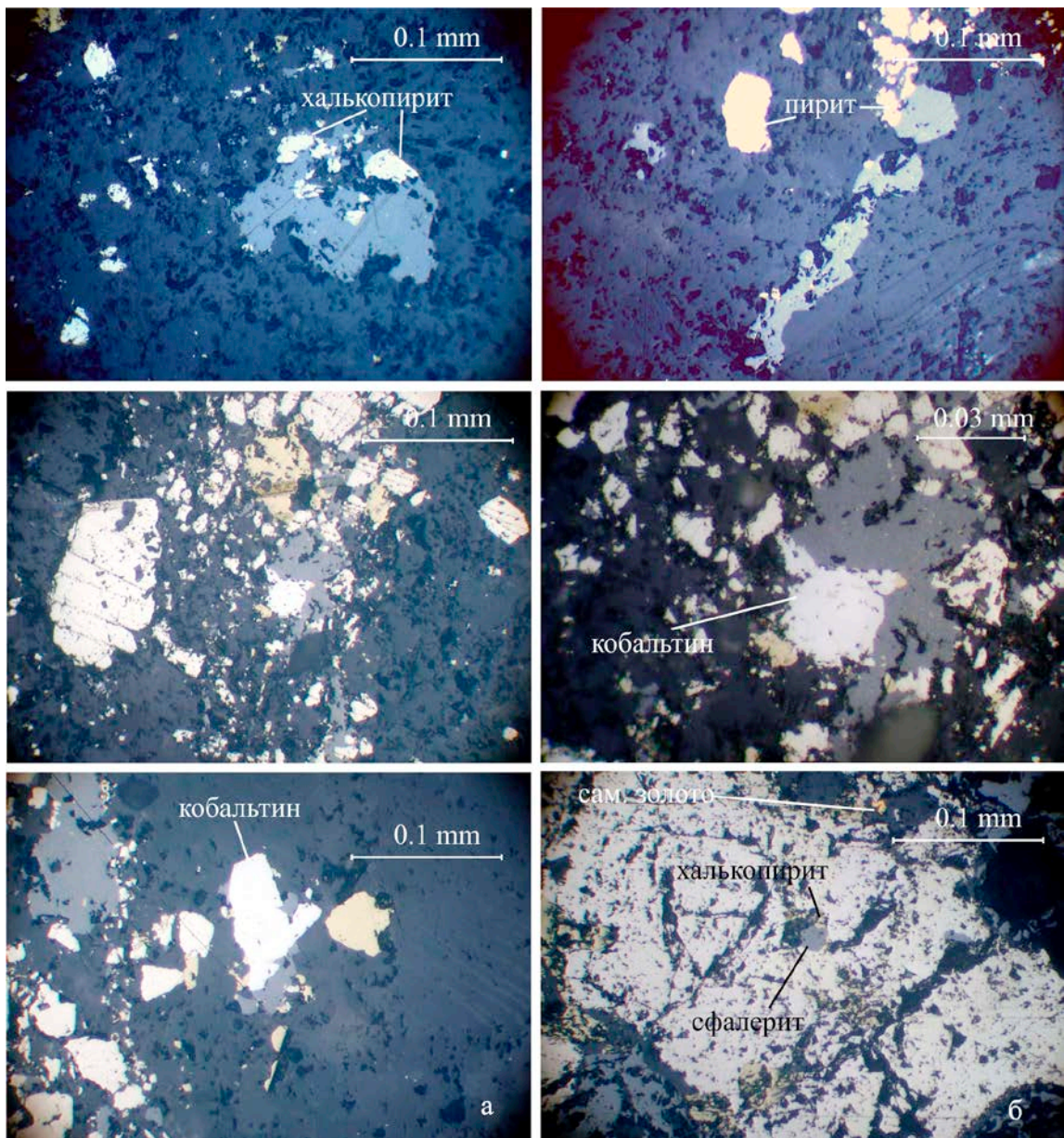


Рисунок 3.20 — Сфалерит с эмульсионной вкрапленностью халькопирита в сростании с более ранними рудными минералами (а – аншл. 14/3-90,3; б – аншл. 13д-11) (микрофотографии аншлифов автора и С.С. Двуреченской)

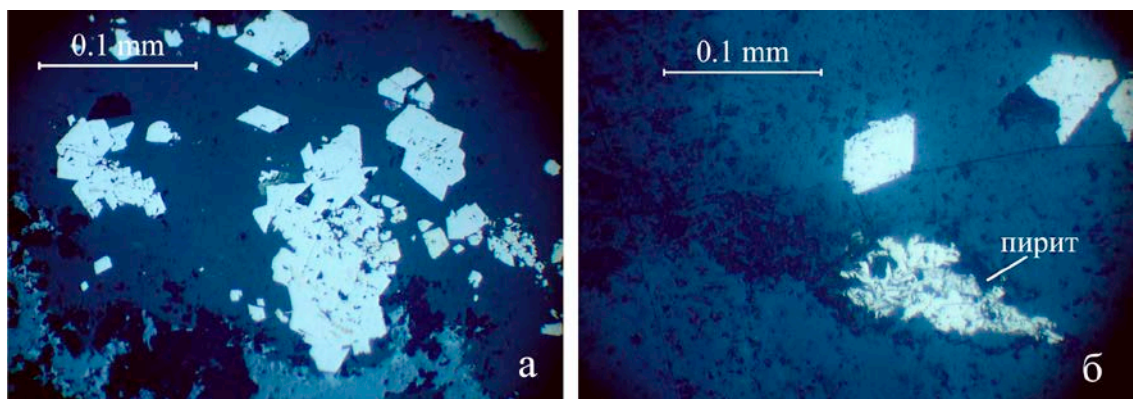


Рисунок 3.21 — Ромбовидные кристаллы арсенопирита в кварц-кальцитовых прожилках (а – аншл. 20/5-98,6; б – аншл. 13д-12) (микрофотографии аншлифов автора и С.С. Двуреченской)

Относительно крупные выделения до 0,3 мм гематита развиваются по кристаллам магнетита-III в жильных минералах. Более мелкие зерна отмечаются в пирите-I, где он образует удлиненные и овальные кристаллы размером 0,1 мм. Во вмещающих породах гематит представлен в виде овальных или отдельных многочисленных пластинок, развитых по спайности хлорита.

**Самородное золото (Au)** золото-сульфидно-магнетитовых руд ранней генерации (самородное золото-I) встречается во многих рудных и жильных минералах, однако, наиболее часто отмечается среди сульфидно-магнетитовых руд в кобальтине и пирите, относительно реже в магнетите, хлорите и кварце и совсем редко в халькопирите. В локальных участках месторождения самородное золото присутствует в пирротине.

Самородное золото-I — связано с ранней продуктивной ассоциацией и представлено в виде включений самой разнообразной формы (овальной, изометричной, угловатой, крючковатой, прожилковидной, неправильной и в виде кристаллов) в кобальтине, пирите-I, магнетите, реже халькопирите-I и жильных минералах или на их контакте. Размер зерен варьирует в широких пределах — от 0,001 до 0,04 мм, в среднем 0,008 – 0,01 мм. Обычно образует отдельные зерна или «гантели» и редко фиксируются их кучные скопления в матрице минерала-хозяина.

Богатые промышленные руды с содержанием до 16,61 г/т выявлены на нижних горизонтах месторождения (100,0 – 116,7 м) в залеже «Магнетитовая», где встречаются массивные руды с равным количеством сульфидов и магнетита (скв. 13д). В этих рудах среди сульфидов преобладает кобальтин, к которому преимущественно приурочены многочисленные выделения каплевидного самородного золота, размером 0,001 мм. Вместе с тем, в этих рудах золотишки различной формы фиксируются в кобальсодержащем пирите, реже — в магнетите и жильных минералах и в единичных случаях — в халькопирите.

Очень богатые руды с самородным золотом наблюдаются на одном из участков месторождения в скв. 18/7, 88,1 м. Золото в виде густой тонкой вкрапленности насыщает здесь практически все минералы, в том числе поздний магнетит (Рисунок 3.22). Следует отметить, что именно в этом месте широкое развитие получил пирротин.

В рядовых промышленных рудах (содержание Au 1,5 г/т), существенно магнетитовых, самородное золото в основном представлено каплевидными зернами в кобальтине. Реже встречается в кавернах магнетита. Однако в связи с низким содержанием сульфидов (около 2 %) только 30 % золота связано с сульфидами, а 70 % — с магнетитом (по результатам исследования технологической пробы).

По химическому составу самородное золото-I (Таблица 3.8, Таблица 3.9) характеризуется двумя разновидностями — высокопробным (900 – 990 ‰) и средней пробы (760 – 880 ‰). При этом выявляется закономерность в распределении золота в пространстве. Так, более низкопробное золото фиксируется преимущественно на средне-верхних горизонтах месторождения,

высокопробное — на средне-нижних горизонтах. В количественном соотношении и степени распространенности в сульфидно-магнетитовых рудах более низкопробное самородное золото уступает.

Таблица 3.8 — Химический состав самородного золота (масс.%) месторождения Новогоднее-Монто (по результатам исследований автора [Волчков, 2005ф])

| Au    | Ag    | Fe   | Te   | Se   | Hg   | Sb   | Bi   | Σ      | Аншлиф      |
|-------|-------|------|------|------|------|------|------|--------|-------------|
| 76.74 | 23.17 | 0.2  | 0.08 | 0.01 | 0.35 | 0.03 | 0.34 | 100.92 | к-14д-5     |
| 73.64 | 18.06 | 5.04 | 0.08 | 0.08 | 0.25 | 0.01 | 0.01 | 97.17  | к-14д-6     |
| 77.43 | 18.55 | 2.64 | 0.04 | 0.02 | 0.23 | 0    | 0    | 98.91  | к-14д-6     |
| 78.36 | 18.95 | 1.29 | 0.04 | 0    | 0.29 | 0.06 | 0    | 98.99  | к-14д-6     |
| 80.83 | 19.52 | 0.31 | 0.08 | 0.03 | 0.16 | 0    | 0    | 100.93 | к-14д-6     |
| 83.49 | 12.68 | 2.57 | 0.08 | 0.01 | 0.23 | 0    | 0.22 | 99.28  | 16/7-36.8   |
| 88.60 | 11.84 | 0.41 | 0.12 | 0    | 0.09 | 0.01 | 0.1  | 101.17 | 18д-9       |
| 90.30 | 2.44  | 5.39 | 0    | 0    | 0.2  | 0.04 | 0    | 98.37  | 18д-10      |
| 91.81 | 1.11  | 6.90 | 0.03 | 0    | 0.12 | 0    | 0    | 99.97  | 18д-10      |
| 93.26 | 0.86  | 3.12 | 0.82 | 0.02 | 0.19 | 0.03 | 0.40 | 98.7   | 13д-12      |
| 93.32 | 2.04  | 3.99 | 0.03 | 0.01 | 0.2  | 0    | 0    | 99.59  | 18д-10      |
| 93.46 | 1.89  | 3.39 | 0    | 0.01 | 0.28 | 0    | 0    | 99.03  | 18д-10      |
| 95.27 | 1.79  | 2.52 | 0.02 | 0    | 0.2  | 0.10 | 0    | 99.9   | 18д-10      |
| 96.04 | 1.33  | 0.42 | 0.05 | 0    | 0.24 | 0    | 0    | 98.08  | 14/11-169.4 |
| 97.14 | 1.22  | 0.14 | 0    | 0    | 0.39 | 0    | 0    | 98.89  | 14/11-169.4 |
| 97.92 | 2.01  | 1.52 | 0    | 0    | 0.16 | 0.03 | 0.22 | 101.86 | 18д-10      |
| 96.62 | 1.70  | 0.47 | 0    | 0.05 | 0.23 | 0.07 | 0.18 | 99.32  | 18/7-88.1   |
| 97.87 | 1.92  | 1.18 | 0.06 | 0    | 0.44 | 0.02 | 0.20 | 101.69 | 18/7-88.1   |
| 97.88 | 1.96  | 0.66 | 0.07 | 0    | 0.2  | 0.08 | 0.09 | 100.94 | 18/7-88.1   |
| 98.05 | 1.17  | 0.41 | 0    | 0.03 | 0    | 0.08 | 0.02 | 99.76  | 18/7-88.1   |
| 98.39 | 1.20  | 0    | 0    | 0.01 | 0.28 | 0.13 | 0    | 100.01 | 13д-12      |
| 98.49 | 2.07  | 0.50 | 0.05 | 0.02 | 0.25 | 0.06 | 0.10 | 101.54 | 18/7-88.1   |
| 99.39 | 1.57  | 0.08 | 0.03 | 0    | 0.37 | 0    | 0    | 101.44 | 18/7-88.1   |

Таблица 3.9 — Средний Химический состав самородного золота (масс.%) месторождения Новогоднее-Монто (по результатам исследований автора [Волчков, 2005ф])

| Au                                                                                                     | Ag                   | Fe                 | Hg                 | Bi              | Te                 | Sb              | Se              |
|--------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------|--------------------|--------------------|-----------------|--------------------|-----------------|-----------------|
| <i>Самородное золото-Ia (16)</i>                                                                       |                      |                    |                    |                 |                    |                 |                 |
| <u>90.30 – 99.35</u>                                                                                   | <u>0.86 – 2.44</u>   | <u>0 – 6.90</u>    | <u>0 – 0.39</u>    | <u>0 – 0.40</u> | <u>0 – 0.82</u>    | <u>0 – 0.13</u> | <u>0 – 0.03</u> |
| 95.95                                                                                                  | 1.64                 | 1.92               | 0.23               | 0.08            | 0.07               | 0.04            | 0.01            |
| <i>Самородное золото-Iб (7)</i>                                                                        |                      |                    |                    |                 |                    |                 |                 |
| <u>73.64 – 88.60</u>                                                                                   | <u>11.84 – 23.17</u> | <u>0.20 – 5.04</u> | <u>0 – 0.35</u>    | <u>0 – 0.34</u> | <u>0.04 – 0.12</u> | <u>0 – 0.06</u> | <u>0 – 0.06</u> |
| 79.87                                                                                                  | 17.54                | 1.78               | 0.23               | 0.10            | 0.07               | 0.02            | 0.02            |
| <i>Самородное золото-IIб (15)</i>                                                                      |                      |                    |                    |                 |                    |                 |                 |
| <u>83.60 – 86.97</u>                                                                                   | <u>12.40 – 15.66</u> | 0                  | <u>0.15 – 0.57</u> | Не опр.         | <u>0 – 0.19</u>    | Не опр.         | <u>0 – 0.03</u> |
| 85.31                                                                                                  | 14.19                |                    | 0.33               |                 | 0.08               |                 | 0.01            |
| Примечание — в числителе — разброс значений, в знаменателе — средние; в скобках указано число анализов |                      |                    |                    |                 |                    |                 |                 |

Высокопробное золото наиболее часто отмечается в чистом кобальтине в виде многочисленных каплевидных включений (предположительно сингенетических), приуроченных к сросткам пирротина с халькопиритом. Встречается и в щербатом (пористом) кобальтине на контакте с магнетитом (Рисунок 3.23).



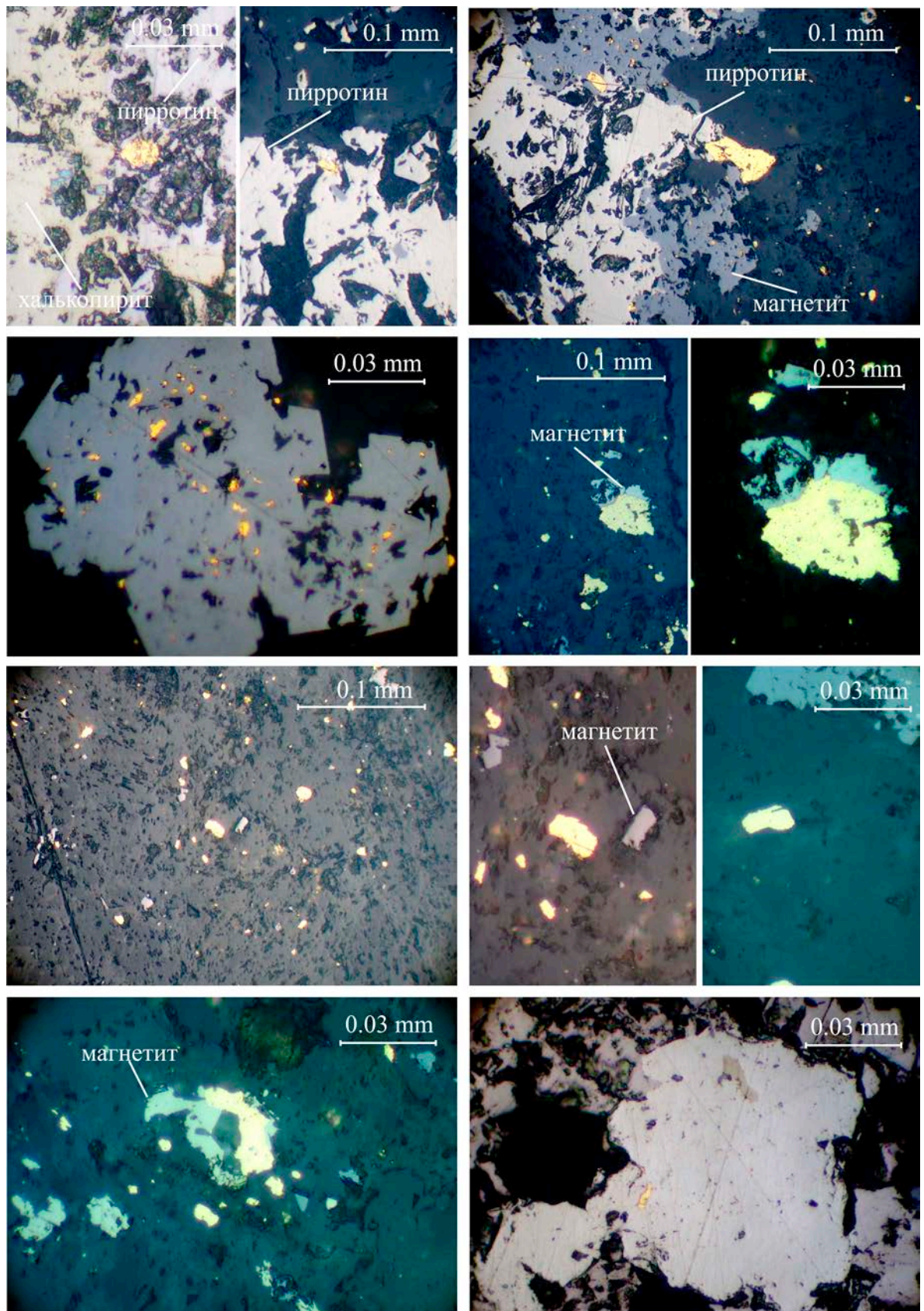


Рисунок 3.22 — Высокопробное самородное золото в пирротине, магнетите, пирите, жильных и породообразующих минералах (скв. 18/7-88.1 м) (микрофотографии аншлифов автора и С.С. Двуреченской)



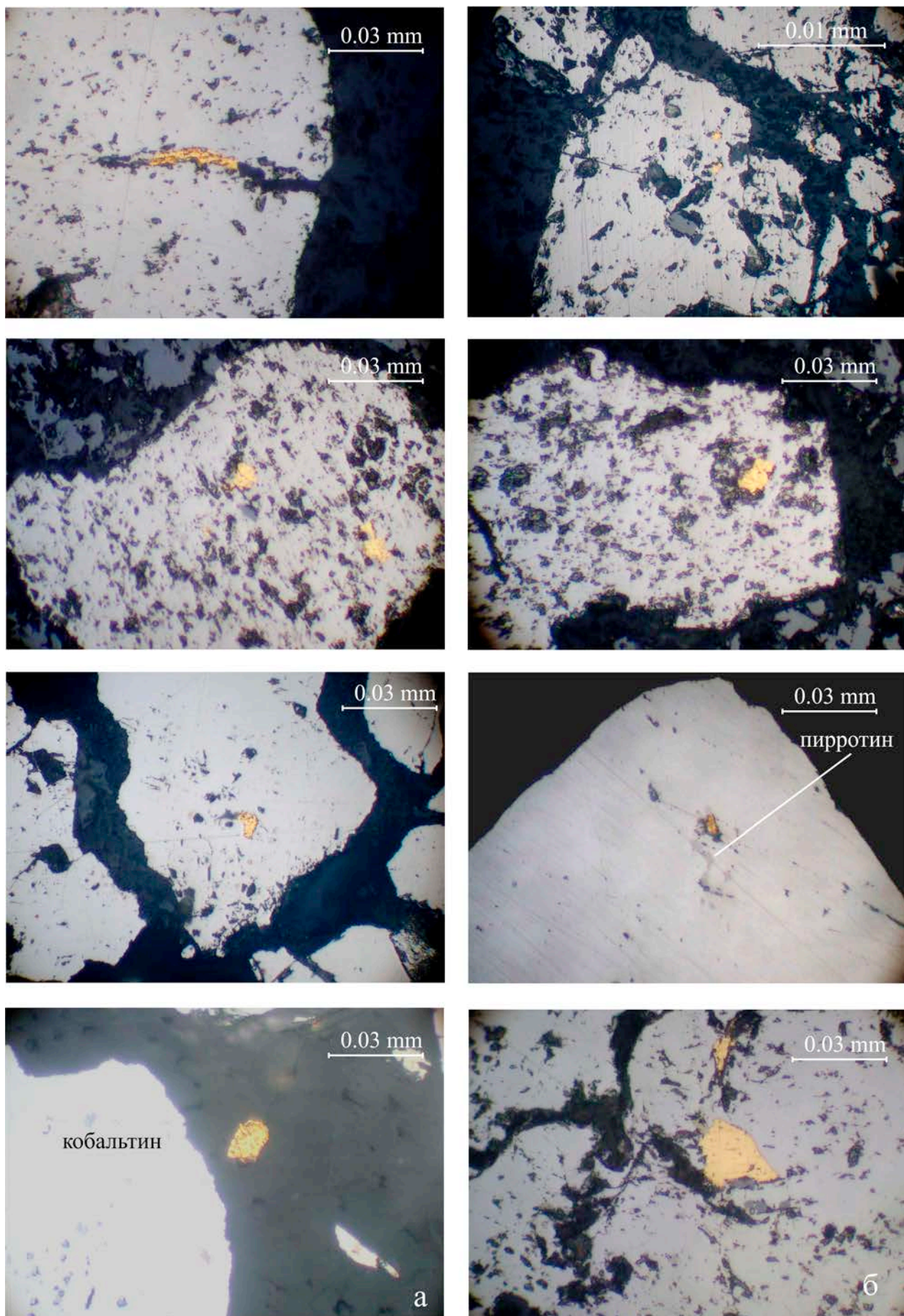


Рисунок 3.23 — Высокопробное самородное золото в ассоциации с кобальтином (а – аншл. 13д-12; б – аншл. 13д-11) (микрофотографии аншлифов автора и С.С. Двуреченской)



Относительно крупнее и более с выраженными гранями кристаллов высокопробное золото образуется в магнетите (Рисунок 3.24 а-б). Известно, что в природе достаточно часто высокопробное золото присутствует именно в магнетите. Причиной тому, вероятно, служит сам магнетит как благоприятная среда для кристаллизации более беспримесного золота.

Наряду с этим, высокопробное золото очень неравномерно фиксируется в пирите и жильных минералах и иногда содержит микровключения сульфидов, чем и обусловлена существенная примесь Fe в золоте (Рисунок 3.24 в-г).

Вблизи одной из даек диабазов (скв. 18/7) отмечается очень высокопробное (до 990 ‰) и более крупное самородное золото в магнетите-III, пирротине, в пирите и жильных минералах (см Рисунок 3.22). Не исключено, что в данном случае имело место перераспределение золота, его укрупнение и очищение от примесей в результате пересечения рудного тела дайкой.

Золото средней пробы, как правило, тесно ассоциирует в одних прожилках с халькопиритом, секущих пирит или отмечается в виде отдельных угловатых зерен в пирите. Иногда такое золото в виде вытянутых занозистых выделений размером до 0,03 мм или изометричных зерен образует ориентированные цепочки в жильных минералах, иногда вдоль кальцитовых прожилков (Рисунок 3.25)

По видимым геологическим взаимоотношениям и минералогическим особенностям, эпидот-пироксен-гранатовые скарны и связанные с ними тела массивных и гнездово-вкрапленных сульфидно-магнетитовых руд месторождения Новогоднее-Монто сформированы на ранней, высокотемпературной стадии постмагматического процесса, связанного с внедрением гранитоидов собского комплекса. На более поздней, среднетемпературной гидротермальной стадии, по-видимому, отложилась часть рудного золота в составе магнетит-сульфидно-кварц-кальцит-гидросиликатного минерального комплекса, замещавшего скарновые образования. При этом скарны и магнетитовые тела выступали как наиболее благоприятная среда для отложения золотоносной сульфидной минерализации.

### 3.3.2. Оруденение золото-сульфидно-кварцевого типа в гидротермальных метасоматитах («березитах»)

Оруденение золото-сульфидно-кварцевого типа в гидротермальных хлорит-кальцит-кварц-серицитовых метасоматитах типа «березитов» приурочено к зонам трещиноватости и разломам субмеридионального, северо-северо-западного и северо-западного направлений, реже — к северо-восточным разломам.

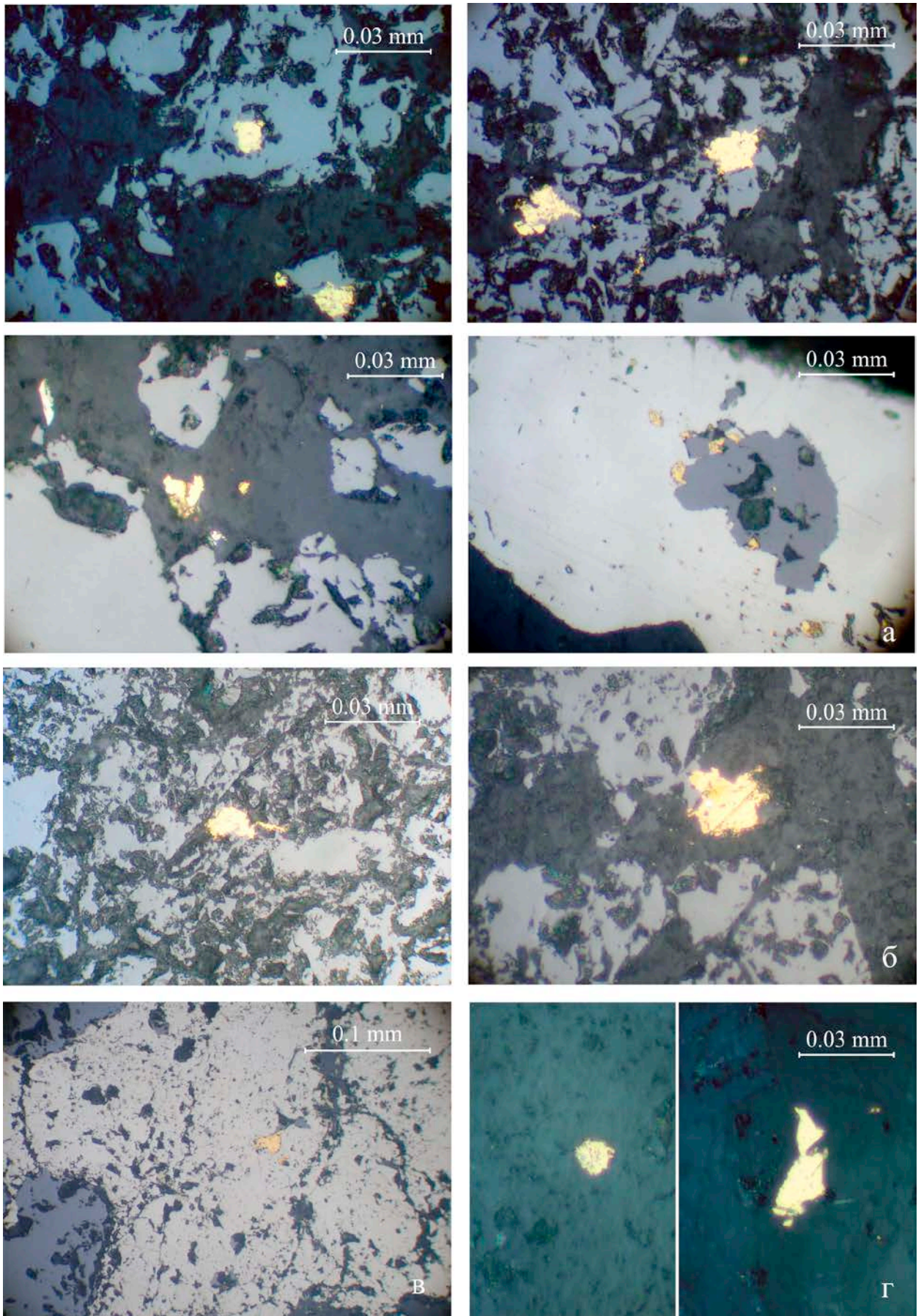


Рисунок 3.24 — Высокопробное самородное золото в магнетите, пирите и породообразующих минералах (а – аншл. 18д-10; б – аншл. 13д-12; в – аншл. 13д-11; г – аншл. 14/11-169,4 (микрофотографии аншлифов автора и С.С. Двуреченской)



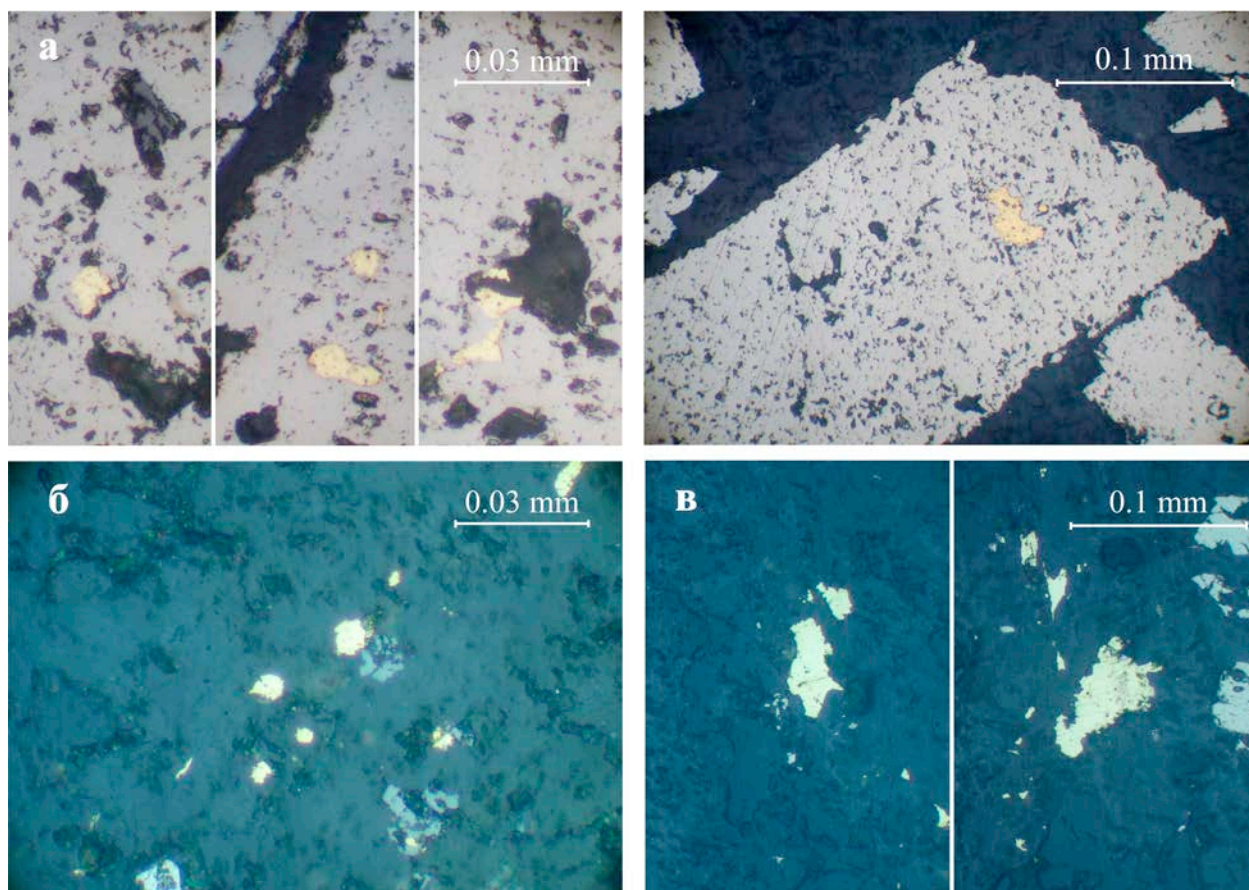


Рисунок 3.25 — Самородное золото средней пробы в пирите и жильных минералах скарновых руд (а – аншл. 14д-6; б– аншл. 18д-9; в– аншл. 14д-5) (микрофотографии аншлифов автора и С.С. Двуреченской)

С поверхности зоны вскрыты несколькими расчистками, где были изучены автором. Количество скважин, пробуренных для прослеживания рассматриваемых зон на глубину, не большое, что не всегда позволяет в деталях определить морфологию зон «березитов» на глубине.

Оруденение золото-сульфидно-кварцевого типа в пределах месторождения Новогоднее-Монто локализована в полосе шириной до 300 м, которая прослежена на 1 км в северо-северо-западном ( $330 - 345^\circ$ ) направлении вкrest простирания пород тоупугольской толщи и контролируется разломами и оперяющими их разрывными нарушениями (составляющие Евъеганской зоны разломов). Полоса включает серию линейных зон северо-северо-западного ( $330 - 345^\circ$ ) и северо-восточного ( $30 - 50^\circ$ ) простираний, представляющих собой ветвящиеся кулисно построенные системы трещин (предположительно левосторонние кулисы), сопровождающиеся оперениями, отходящими от основных зон под углами  $10 - 20^\circ$  в плане в северо-западном и юго-восточном направлениях (см. Рисунок 3.2). Падение зон и отдельных оперяющих трещин крутое ( $70 - 90^\circ$ ) преимущественно в восточных румбах, что удастся наблюдать на ряде построенных автором геологических разрезов (см. Рисунок 3.4 – Рисунок 3.13).

Зоны включают системы сближенных жилообразных тел околорудных и рудоносных метасоматитов — кварц-полевошпатовых, кварц-серицитовых, пропилитов, к осевым частям которых приурочены маломощные невыдержанные линзовидные и жильно-прожилковые тела жильного кварца. Мощность тел метасоматитов варьирует от 1 до 10 м, протяженность по простиранию от 100 до 600 м, падение крутое. Метасоматиты прослежены по падению на глубину свыше 250 м. Наиболее значимые жилообразные тела пространственно сгруппированы в три рудоносные зоны, с запада на восток — «Разведочная Западная», «Разведочная», «Центральная», «Восточная» (см. Рисунок 3.3). Зоны «Разведочная» и «Центральная» контролируются системой Центрального разлома; зона «Восточная» — одноименным разломом. Субмеридиональные зоны в северной и южной частях месторождения пересекаются и ограничиваются субширотными (восток-северо-восточными) разрывами (составляющими Тоупугольской зоны разломов) — Северным разломом на севере и серией разрывных нарушений на юге, выраженными сравнительно мощными (до 2 м) зонами будинажа, рассланцевания, милонитизации. Эти структуры вмещают слабозолотоносные кварц-кальцитовые и кальцитовые жилы с вкрапленностью сульфидов, а также сопровождаются дайками монцодиорит-порфиров и диорит-порфиров на северном фланге месторождения.

Максимальная длина золоторудных зон меридионального простирания на месторождении достигает 400 м (зона «Разведочная»), при этом промышленные рудные тела в них достигают длины 50 – 150 м по простиранию при мощности 1,3 – 2,0 м. В раздувах мощность тел метасоматитов может достигать 8 – 10 м.

Содержания золота варьируют от долей г/т до более 100 г/т, составляя в среднем 2,5 – 3,7 г/т для рудных тел, выделенных по бортовому содержанию золота 1 г/т.

Кварцево-жильные тела не выдержаны по простиранию и, как правило, имеют мощности до 0,1 – 0,2 м, максимальную протяженность 20 м. Максимальные мощности кварцево-жильных тел («раздувы» до 0,5 м и более) отмечаются в участках перегибов и пересечения рудоносных зон различных направлений. Метасоматические зоны, в которых заключены жильные тела, напротив, достаточно выдержаны и прослеживаются на десятки и сотни метров по простиранию и падению. Мощность метасоматических зон варьирует от долей до первых метров (достигая 8 – 9 м в ряде пересечений).

В меньшей степени проявлены метасоматические зоны северо-северо-восточного ( $10 - 20^\circ$ ) и субмеридионального ( $350 - 10^\circ$ ) направлений, которые вероятно представляют системы оперяющих трещин по отношению к основным упомянутым выше системам рудоконтролирующих нарушений. На месторождении проявлены также зоны северо-западного ( $310 - 320^\circ$ )



и субширотных ( $60 - 70^\circ$  и  $90 - 100^\circ$ ) направлений, которые имеют в целом подчиненное значение. Северная часть месторождения соответствует области сопряжения рудоносных зон всех названных направлений.

С поверхности по золото-сульфидно-кварцевым зонам развиты охристые глинисто-песчано-дресвяные коры выветривания линейного типа мощностью до 2 – 10 м, характер и особенности которых будут рассмотрены позднее.

Детальное изучение бульдозерных расчисток позволило автору определить внутреннюю структуру фрагментов минерализованных метасоматических зон месторождения.

В северо-западной части месторождения вскрыты зоны *«Разведочная»* и *«Разведочная Западная»*, а также серия рудоносных тел минерализованной зоны северо-восточного простирания (Рисунок 3.26). Здесь вмещающие породы представлены слоистой толщей, сложенной чередующимися литокристаллокластическими и кристаллокластическими туфами различной размерности — от алевритовой до псефитовой, с прослоями — потоками и субвулканическими телами порфировых андезитобазальтов, и, вероятно, более кислыми туфами и лавами андезитодацитового состава.

В юго-западном, относительно опущенном блоке отмечаются пачки, включающие прослои тонкозернистых песчаников и алевролитов. Мощности отдельных слоев литологических разностей варьируют в пределах 1 – 5 м. Простирание стратифицированной толщи в целом выдержанное — северо-восточное ( $20 - 30^\circ$ ).

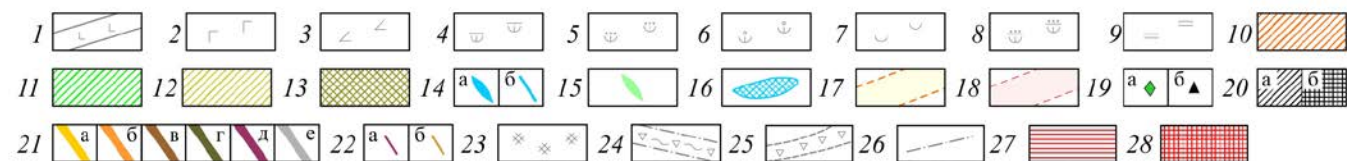
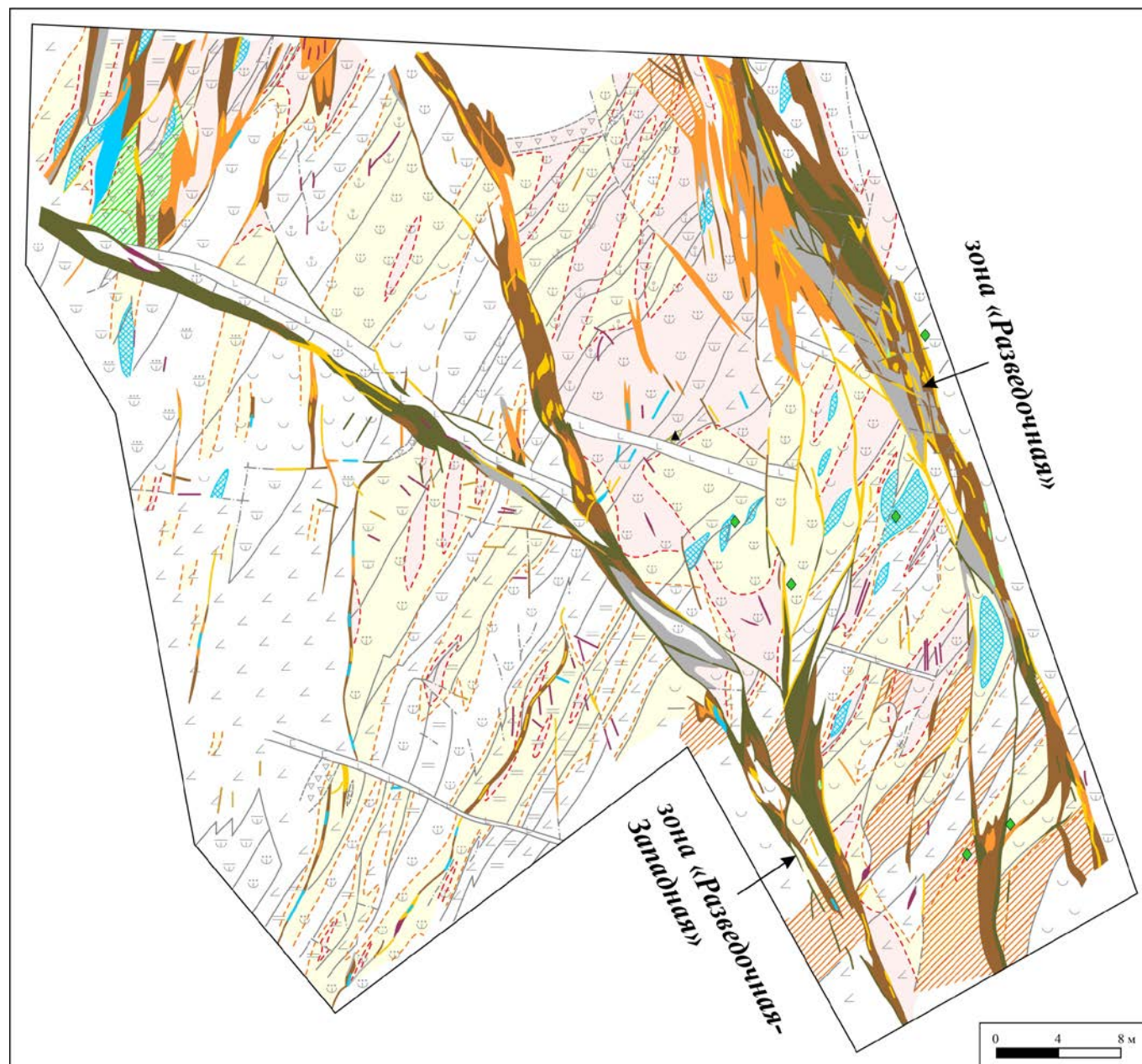
Все вышеупомянутые породы прорваны дайками диабазов мощностью от первых десятков сантиметров до 1 м. Ориентировка даек выдержанная — простирание запад-юго-западное ( $100 - 110^\circ$ ), падение к север-северо-востоку крутое под углами  $65 - 80^\circ$ .

Породы в пределах рассматриваемого участка разбит разрывными нарушениями, как дорудными (минерализованными), так и пострудными, на серию разнопорядковых клиновидных блоков. Минерализованные тектонические нарушения соответствуют обозначенным рудоносным зонам.

Зона «Разведочная» вскрыта здесь на протяжении более 60 м и представлена сложно построенной ветвящейся линейной системой милонитовых швов (сместителей), линзовидных зон катаклаза, дробления и будинажа общей мощностью от 2,5 до 9,0 м (см. Рисунок 3.26). Зона маркируется дресвяно-песчанисто-глинистым материалом (линейной корой выветривания) различной окраски — от охристо-желтой, оранжевой и темно-коричневой до серовато-зеленой. Среди дезинтегрированной массы отмечаются обломки жильного метасоматического кварца и метасоматитов кварц-каолинит-серицит-кальцит-хлоритового состава с сульфидами (пирит, редко халькопирит). Наиболее золотоносные части зон фиксируются глинисто-песчанистым материалом кор выветривания желтоватой и охристо-оранжевой окраски (Рисунок 3.26 Б).



А



литолого-петрографические разности пород: 1 — дайки диабазов, 2 — габбро-долериты порфировидные и порфировые (конгорский комплекс), 3 — пироксен-плагноклазовые порфиры андезитобазальтового, иногда более кислого, состава (лавы и субвулканические тела), 4 — туфоалевролиты, 5 — туфопесчаники псаммитовые, 6 — туфопесчаники псаммито-псефитовые, 7 — недиагностируемые породы туфогенно-обломочного облика, 8 — переслаивание разномерных туфопесчаников и туфоалевролитов, 9 — тонкозернистые туфы и кремнистые породы; метасоматические и жильные образования: 10 — полнопроявленные кварц-кальцит-хлорит-серицитовые метасоматиты («березиты»), 11 — кварц-хлоритовые метасоматиты, 12 — кварц-эпидотовые метасоматиты (эпидозиты), 13 — скарны гранат-пироксеновые, 14 — кварцевые метасоматические жилы: а) в масштабе карты, б) вне масштаба (< 10 см), 15 — кальцитовые жилы, 16 — участки штокверкового кальцит-кварцевого тонкого прожилкования; рудная минерализация: 17 — области прожилково-вкрапленной пиритизации, сопровождающейся «березитизацией» пород, с содержанием пирита 0,5 – 2 %, 18 — то же с содержанием пирита > 2 %, 19 — проявления вкрапленной минерализации: а) магнетита, б) халькопирита, 20 — магнетитовые руды: а) гнездовые, б) сплошные; 21 — состав золотоносных линейных зон: а) охристо-желтый песчано-глинистый материал с обломками метасоматического кварца, б) коричнево-оранжевый глинисто-песчано-дресвянистый материал с обломками метасоматического кварца, в) буровато-коричневый глинисто-песчано-дресвянистый материал с обломками кварц-кальцитовых прожилков, г) серовато-зеленый глинисто-песчано-дресвянистый материал практически без признаков окисленной рудной минерализации, д) вишнево-красный глинисто-песчано-дресвянистый материал с реликтами магнетита, е) черный глинисто-песчано-дресвянистый материал с обломками кальцитовых жил и гидроокислами марганца; 22 — проявления окисленной минерализации по крупным трещинам: а) гидрогематита, б) лимонита; 23 — зоны катаклаза без признаков рудной минерализации, 24 — зоны милонитизации, 25 — тела тектонических брекчий; 26 — тектонические трещины без признаков рудной минерализации; 27 — контур распространения золоторудной минерализации с содержаниями > 0,3 г/т (по данным бороздового опробования АО «Ямалзолото»), 28 — то же с содержаниями > 1 г/т.

Б

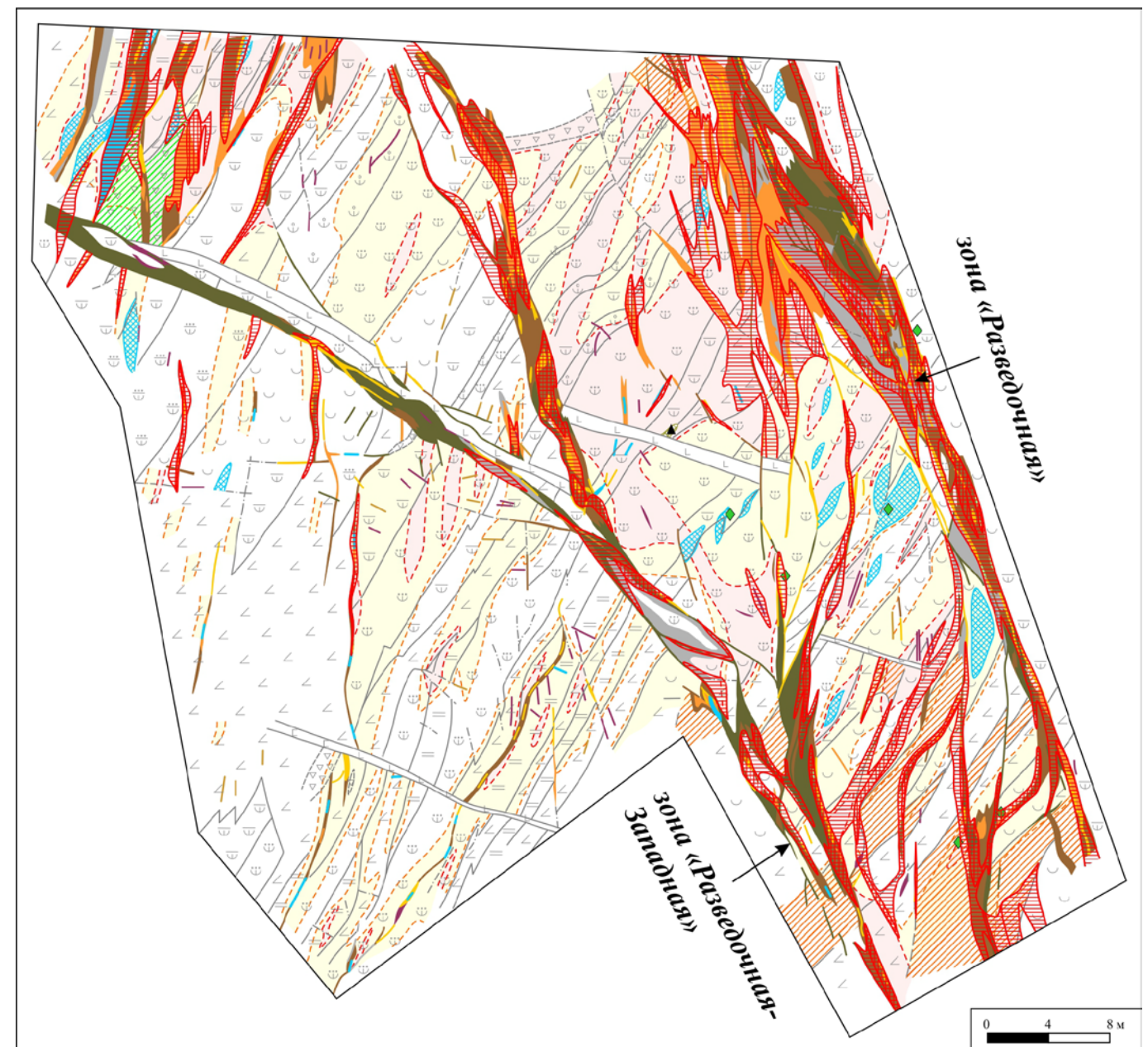


Рисунок 3.26 — Строение северной части зон «Разведочная» и «Разведочная-Западная» (А) и характер их золотоносности (Б) (по результатам документации автором бульдозерной расчистки [Волчков, 2001ф])



Общее простирание зоны север-северо-западное ( $335 - 340^\circ$ ). Падение крутое, от субвертикального до  $70 - 80^\circ$  в восточных румбах. В западном крыле зоны вскрыта серия оперяющих правосторонних маломощных (первые сантиметры) милонитовых швов, отходящих от стволовой зоны под углами  $10 - 20^\circ$  с постепенным увеличением этих углов с удалением от стволовой зоны. Зафиксированы падения этих швов в восточных румбах под углами  $40 - 80^\circ$  по направлению к основной зоне. Эти разрывные структуры, очевидно, представляют собой сколовые трещины, оперяющие основное рудоконтролирующее нарушение. В северной части изученного участка в месте приращения серии сближенных милонитовых швов этого типа к лежащему крылу зоны «Разведочная», фиксируется относительно мощная — до 4 м оперяющая зона протяженностью до 10 м близмеридионального простирания, сложенная глинисто-песчанистым материалом охристо-оранжевого цвета. В целом, предполагаемое смещение по рудоконтролирующему нарушению, соответствующему зоне «Разведочная», рассматривается как правосторонний взбросо-сдвиг с поднятым восточным крылом.

Зона «Разведочная Западная» вскрыта в 20 м к западу от зоны «Разведочная», имеет в принципе аналогичное с последней внутреннее строение и ориентирована субпараллельно ей в плане, но с несколько более пологим падением в восточных румбах под углами  $65 - 75^\circ$  (Рисунок 3.26). Мощность зоны 1,5 – 2,0 м.

Судя по горизонтальному смещению (6 м) по этому рудоконтролирующему нарушению крутопадающей диабазовой дайки, относительно поднятым является восточное крыло этой структуры. Предполагается также правосторонняя сдвиговая составляющая смещения.

В блоке между зонами «Разведочная» и «Разведочная Западная» отмечаются мелкие невыдержанные трещинные структуры преимущественно параллельные основным разрывам, редко иных направлений, в том числе пологопадающие. Характерной особенностью блока является наличие здесь, особенно в южной части, вблизи контакта туфов и порфиринов, невыдержанных зон относительно густой штокверковой кальцит-кварцевой прожилковой минерализации. Эти зоны имеют небольшие размеры — ширину до 1, редко 2 м, и протяженность не более 1,5 – 4 м. Предполагается наличие в рассматриваемом блоке пологого складкообразного изгиба пластов с северо-западным простиранием шарнира, с которым сопряжены невыдержанные второстепенные разрывные структуры. Рассмотренный комплекс минерализованных тектонических структур соответствует в целом деформации правого сдвига по направлению простирания основных рудоносных зон «Разведочная» и «Разведочная Западная».

В средней части задокументированного участка от зоны «Разведочная Западная» ответвляется еще одна сложно построенная тектоническая зона мощностью 0,5 – 2,0 м. Общее простирание этой зоны северо-западное  $300 - 305^\circ$ , падение под углами  $65 - 85^\circ$  в северо-восточных

румбах. Характерной особенностью этого нарушения является преобладающий серовато-зеленый общий тон окраски дезинтегрированной массы по тектонитам. Лишь в участках пересечения этой структурой кварц-кальцит-сульфидных жил и зон пиритизации, в теле зоны отмечаются невыдержанные линзы желтовато-охристого и коричневого глинистого и глинисто-песчанистого материала. Исходя из этого, можно предположить пострудное заложение данной тектонической зоны. Судя по горизонтальным смещениям минерализованных зон, пересекаемых рассматриваемым нарушением, и смещений границ тела порфириров, результирующее смещение по рассмотренному нарушению предположительно соответствует правому взбросо-сдвигу с поднятым северо-восточным крылом.

В тектоническом клине, заключенном между пострудным северо-западным нарушением и зоной «Разведочная Западная» присутствует система субпараллельных маломощных (до 10 – 20 см) выдержанных (азимут простирания 30 – 35°, падение к северо-западу под углами 60 – 80°) швов («сколов») с охристо-глинистым материалом выполнения. Эти швы сопровождаются оперяющими линейными зонами катаклаза мощностью до 1 – 2 м и протяженностью от 1 – 2 до 5 – 6 м и более. Эти зоны сочленяются со сколами под углами 25 – 30° и ориентированы близмеридионально. Непосредственно вблизи швов дезинтегрированный материал зон имеет преимущественно охристую коричневатую-оранжевую окраску. В менее выветрелых фрагментах пород здесь отмечается повышенная (3 – 4 % и более) пиритизация. С удалением от швов эти образования в пределах линейных зон сменяются коричневатобурими катаклазитами.

По соотношению минерализованных тектонических элементов можно предположить развитие минерализованной трещиноватости в этом блоке за счет левостороннего сдвигового смещения по системе тектонических швов северо-восточного направления с развитием в их оперении левосторонней кулисообразной системы трещин отрыва и скола, выполняемых кварцевожильной и сульфидно-прожилковой минерализацией.

Наконец, в относительно опущенном тектоническом блоке, располагающемся к юго-западу от пострудного северо-западного тектонического нарушения, фиксируются достаточно протяженные (от 10 до 30 м) слабо минерализованные трещины, выполненные буровато-коричневым глинисто-песчанистым материалом с редкими маломощными охристо-глинистыми и кварц-кальцитовыми линзами в осевых частях зон. Мощности таких зон дезинтеграции не превышают 20 – 30 см, участками трещины притерты. Для рассматриваемых трещин характерны резкие изменения простираний в плане от субмеридионального до северо-восточного (с преобладанием направления 10 – 15°) и падений (преимущественно к запад-северо-западу 40 – 70 до 80°). К этим трещинам в целом (особенно к участкам их изгибов) тяготеют и зоны неравномерной слабой пи-



ритизации вмещающих пород в рассматриваемом блоке. Судя по предполагаемым горизонтальным смещениям контактов слоев, по трещинам этого типа предположительно происходили малоамплитудные сбросовые смещения их восточных и северо-восточных крыльев.

Кроме рассмотренной выше доминирующей системы трещин субмеридионального направления, в рассматриваемом блоке проявлена система невыдержанных трещин северо-западного простирания, а также субширотная система невыдержанных коротких трещин с падением их плоскостей преимущественно к северу под углами  $30 - 60^\circ$  и др.

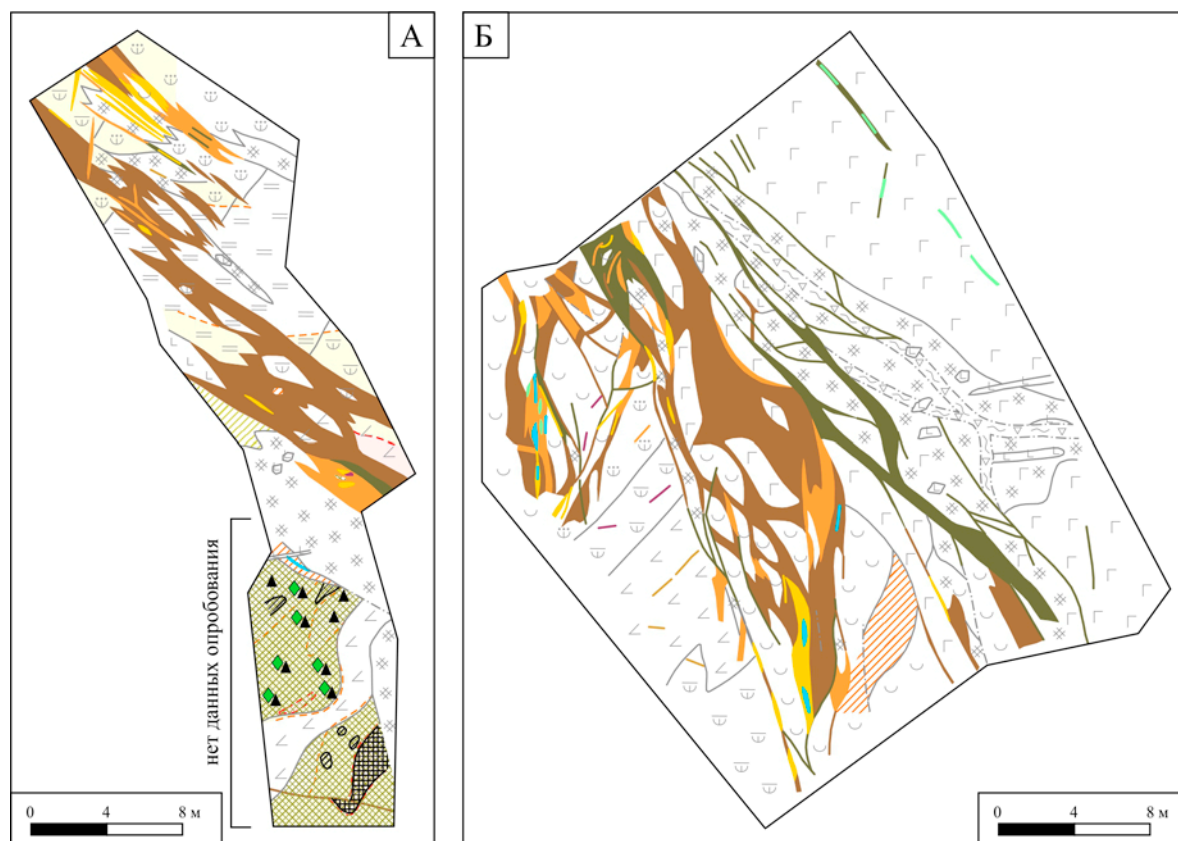
Таким образом, общая картина системы минерализованной трещиноватости в пределах вскрытой расчисткой части зон «Разведочная» и «Разведочная Западная» отвечает правому взбросо-сдвигу для этих зон северо-северо-западной ориентировки и левому сдвигу для зоны северо-восточной ориентировки. Это позволяет предположить, что данные различно ориентированные минерализованные зоны могли развиваться одновременно, в условиях действия единого поля напряжений, соответствующего правому взбросо-сдвигу по региональному нарушению северо-северо-восточной ориентировки либо общему сжатию в северо-восточном направлении, т.е. эти системы рудоносных тектонических нарушений являются сопряженными.

Максимальная для данного участка интенсивность пиритизации ( $2 - 3\%$  до  $5 - 6\%$ ) и сопровождающих ее изменений «березитового» типа приурочена к относительно поднятому блоку, заключенному между зонами «Разведочная» и «Разведочная Западная». В западном — относительно опущенном блоке, степень пиритизации пород значительно ниже. Зоны сульфидизации распадаются здесь на отдельные кулисы, снижена степень кварц-серицит-хлоритовых изменений, в заметном количестве появляется вторичный эпидот, характерный для пропилитизированных пород внешних метасоматических зон колонок «березитизации».

Кварцево-жильные и сульфидные рудные тела отчетливо пересекаются дайками диабазов. Последние, однако, сами смещаются по крупным зонам тектонических нарушений, по которым, очевидно, продолжались подвижки и после завершения рудоотложения. Об этом свидетельствует, в частности, и вскрытая в расчистке относительно мощная зона пострудного нарушения северо-западной ориентировки.

В северо-восточной части месторождения расчисткой вскрыта зона «Восточная» (Рисунок 3.27 А). Она представлена здесь кулисообразно построенной зоной рассланцевания и дробления, контролирующей развитие линейной коры выветривания. Материал коры выветривания преимущественно глинисто-дресвяно-песчанистый темно-коричневый, с редкими маломощными линейными охристыми зонками светло-оранжевого и желтого цвета. Кулисы мощностью до  $1 - 1,5$  м ориентированы в основном в северо-западном направлении ( $300 - 310^\circ$ ). Углы падения отдельных линз составляют  $65 - 75^\circ$  в юго-западных и северо-восточных румбах. Кроме того, отмечаются маломощные линзовидные тела мощностью до  $10 - 20$  см, сложенные желтовато- и

оранжево-охристым материалом, простирающиеся поперек генеральному направлению кулис, в южном направлении ( $180 - 200^\circ$ ) с падением к западу под углами порядка  $75^\circ$ . В осевой части зоны отмечены линзы зеленоватых милонитов мощностью в несколько десятков сантиметров, вытянутые в целом параллельно основной зоне. Из-за ограниченного размера участка, интерпретация направлений смещений здесь затруднена. В целом, сочетание минерализованных трещинных структур соответствует системе трещин, оперяющих правосторонний сдвиг северо-западного простираания.



Условные обозначения см. Рисунок 3.26

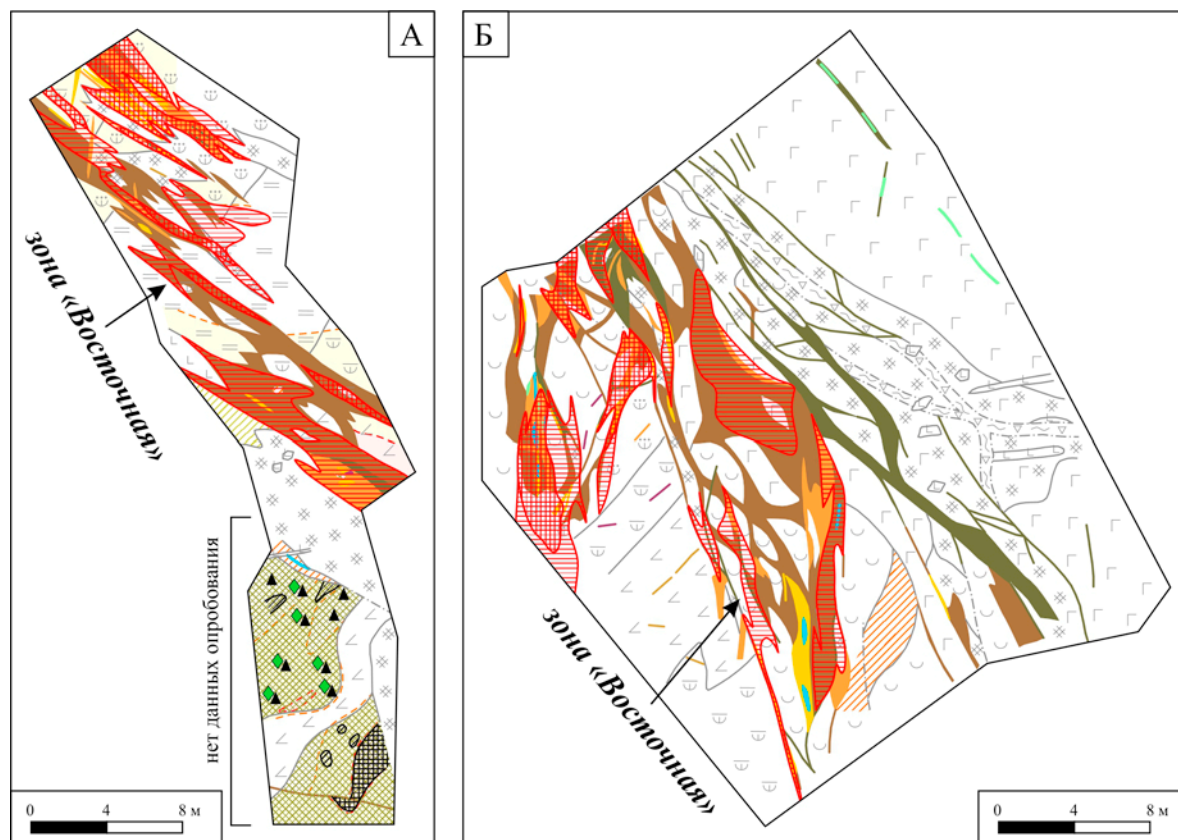
Рисунок 3.27 — Строение фрагментов зоны «Восточная»: А — северной части зоны, Б — южной части зоны (по результатам документации автором расчисток [Волчков, 2001ф])

Наибольшие содержания золота ( $> 1$  г/т) фиксируются, как и в случае с зоной «Западная», в дезинтегрированном материале желтого и оранжевого цвета; преобладающий здесь материал темно-коричневой расцветки характеризуется содержаниями золота десятые доли г/т (Рисунок 3.28).

В относительно менее тектонически нарушенных породах на контакте рудоносной зоны с золото-сульфидно-кварцевым оруденением содержание пирита как правило не превышает 1 – 2 %.

В южной части рассматриваемого участка зоны удалось наблюдать взаимоотношение скарнов и зон «березитизации» (практически единственное место в пределах месторождения, где

можно было достоверно наблюдать это взаимоотношение). Скарны выходят здесь на дневную поверхность в виде полосы шириной более 11 м с северо-восточным простиранием ( $30 - 40^\circ$ ). В осевой части этой полосы вскрыто субсогласное тело пироксен-плаггиоклазовых порфиритов с видимой мощностью, меняющейся от 1 до 3 м, что вероятно обусловлено резким флексуобразным изгибом слоев (см. Рисунок 3.27).



Условные обозначения см. Рисунок 3.26

Рисунок 3.28 — Характер золотоносности зоны «Восточная» (на основе Рисунка 3.27)

Рудная минерализация скарнов здесь представлена тонкими прожилками и вкрапленностью магнетита, а также гнездами и линзами магнетита размером от первых десятков сантиметров до  $5 \times 1,5$  м. Линзы ориентированы в целом параллельно телу порфиритов, т.е. субсогласно со слоистостью вмещающей толщи. Сульфидная минерализация представлена пиритом и халькопиритом в разных соотношениях, но в целом не превышающими по концентрации нескольких процентов; в зоне окисления в заметных количествах присутствует медная зелень. Сульфиды распространены в зонах «березитов» северо-восточного простирания, накладывающихся на скарновые и магнетитовые тела. Сульфидизация сопровождается гидротермальными изменениями скарнов, выраженными в развитии по первичной высокотемпературной (эпидот)-пироксен-гранатовой скарновой минеральной ассоциации таких гидротермальных минералов как поздний эпидот, хлорит, карбонаты и кварц.

Переход между зоной скарнов и тектонической зоной с золото-сульфидно-кварцевым оруденением резкий — тектонический. На северном контакте скарново-рудного тела, последнее срезается тектоническим нарушением, ориентированным по азимуту  $300^\circ$ . По скарнам на границе этого нарушения развита зона интенсивного окварцевания и серицитизации мощностью около 30 см, с постепенным снижением степени окварцевания к югу. Характерно также, что в буровато-коричневатых милонитах тектонической зоны вблизи контакта со скарнами зафиксированы обломки интенсивно минерализованных (пирит, магнетит) скарнов и кварцевых жил.

Таким образом, в северо-восточном секторе карьера-расчистки вскрыта зона рудоконтролирующего нарушения северо-северо-западной ориентировки, пересекающая и смещающая скарново-рудные тела с более ранней магнетит-пирит-халькопиритовой минерализацией. Последние ориентированы согласно с вмещающей туфогенно-осадочной толщей и подвергаются интенсивному гидротермальному метасоматозу на границе тектонической зоны, контролирующей распространение золото-сульфидно-кварцевого оруденения. Для зоны предполагается правостороннее взбросо-сдвиговое перемещение с поднятым северо-восточным крылом и горизонтальным смещением границы скарново-рудных тел в этом крыле вдоль зоны к юго-востоку.

Южнее расчисткой вскрыт сложно дислоцированный участок сопряжения рудной зоны «Восточная» с контактом тела порфировидных габбро-долеритов конгорского комплекса (см. Рисунок 3.27 Б). Контакт осложнен достаточно крупным тектоническим нарушением, проявленным в милонитизации в пределах ветвящейся системы швов мощностью от долей до 1 м, в интенсивном катаклазе вмещающих вулканогенно-осадочных пород, а также в разлинзовании габбро-долеритов. Намечаются две ветви нарушения: основная — общего северо-западного ( $300 - 320^\circ$ ) простирания, с падением к северо-востоку под углом около  $60^\circ$ , и ее западное ответвление, ориентированное в западном направлении ( $270 - 280^\circ$ ). Цвет дресвяно-глинистого материала, выполняющего зону, зеленовато-серый по габбро и андезитобазальтовым порфиритам и охристый различных оттенков с тонкими зеленоватыми проводниками по неравномерно пиритизированной туфогенно-осадочной толще. Общая ширина зоны разлома около 10 м. Зона пересекает и смещает ориентированные диагонально к ней кварцево-рудные тела и сопровождающие их зоны метасоматитов, которые подвергаются здесь разлинзованию и будинажу. Кварцевые жилы-линзы имеют мощности от единиц до 20 – 30 см и протяженность до 1 – 2 м. Они обрамлены более мощными и протяженными охристо-оранжевыми и охристо-желтыми зонами, содержащими обломки жильного кварца мощностью до 1 – 2 м и протяженностью до 5 – 6 м и более. Последние ориентированы преимущественно субмеридионально ( $350 - 20^\circ$ ), падают под углами  $55 - 70^\circ$  к востоку, представляют оперение (под углами  $20 - 25^\circ$  в плане) тонких (до 10 см) милонитовых швов северо-северо-западного простирания ( $340^\circ$ ), падающих к восток-северо-востоку под уг-



лами 60 – 65° и выполненными буровато-коричневым песчано-глинистым материалом с линзами такого же материала охристо-оранжево-желтого цвета. Отмечаются также редкие оранжево-охристые швы мощностью до 20 – 30 см, простирающиеся к СВ 50 – 60° с крутым (80°) северо-западным падением.

В целом, наблюдаемые на данном участке соотношения разноориентированных минерализованных и пострудных тектонических нарушений могут интерпретироваться как результат правостороннего сдвигового смещения по рудоконтролирующей зоне северо-северо-западного направления (340°), с развитием системы оперяющих минерализованных трещин скола и отрыва нескольких порядков, преимущественно субмеридионального направления (350 – 20° с падением под углами 55 – 70° в восточных румбах), с их последующими (пострудными) деформацией и смещениями по мощному сложно ветвящемуся разлому общего северо-западного (300 – 320°) направления в подошве тела габбро-долеритов.

С учетом имеющихся данных, отраженных на приведенных иллюстрациях, можно предположить, что в целом рудовмещающая трещинная система месторождения была сформирована в условиях единого поля напряжений, обусловленного правосторонним взбросо-сдвиговым смещением по крупному региональному нарушению северо-западного направления или при региональном сжатии север-северо-восточного направления. При этом возник сложный комплекс систем трещин скола и отрыва, послуживших рудораспределяющими и рудовмещающими структурами. С этим очевидно связана и резкая неравномерность распределения содержаний золота в пределах месторождения. При этом наиболее благоприятными для концентрации золота должны быть участки изменения простиранья, ветвления, пересечения золото-сульфидно-кварцевых рудоносных зон, часто приуроченные к областям резкой смены литологического состава рудовмещающей толщи.

### **Минеральный состав золото-сульфидно-кварцевых руд**

Минералогия золото-сульфидно-кварцевых руд значительно беднее, чем золото-сульфидно-магнетитовых. По проведенному автором совместно с С.С. Двуреченской минералогическому изучению аншлифов, основным минералом этих руд является пирит, в незначительных количествах присутствуют (в порядке предполагаемой последовательности их формирования) — халькопирит, гематит, галенит, теллуридные минералы (гессит, петцит, алтаит). В сульфидных рудах, кроме As, Co, Au и Ag, концентрируются также Cu, Mo и Bi.

По видимым взаимоотношениям минералов в золото-сульфидно-кварцевых рудах выделяется две продуктивные минеральные ассоциации *золото-пирит-кварцевая* и *золото-теллуридная* — более ранняя и более поздняя, соответственно.

**Пирит** золото-сульфидно-кварцевых руд представлен двумя генерациями отличными от пирита золото-сульфидно-магнетитовых руд.

*Пирит-II* (кристаллохимическая формула:  $\text{Fe}_{1.00}\text{S}_{2.00}$ ) — в отраженном свете обычный, ярко желтый и изотропный. Минерал характеризуется тесной ассоциацией с галенитом и в меньшей степени с халькопиритом. Обычно эти минералы встречаются среди хлорит-кальцит-кварцевых метасоматитов и формируют позднюю продуктивную золото-пирит-кварцевую ассоциацию с количеством сульфидов в рудах до 5, реже 10 %.

Пирит-II встречается в виде вкрапленности, тонких прожилков и гнездовых скоплений в породообразующих и жильных минералах, наиболее часто образует отдельные кристаллы и их сростки разнообразных габитусных форм. Наряду с этим, отмечаются частые срастания пирита с галенитом и халькопиритом, образованные несколько позднее него — оба минерала с краев и по микротрещинам интенсивно замещают пирит или присутствуют в виде включений в нем. Отмечаются случаи нарастания крупных кристаллов галенита на пирит (Рисунок 3.29). В ряде случаев, пирит содержит мелкие зерна (0,009 – 0,01 мм) самородного золота, которое кристаллизовалось явно позднее пирита.

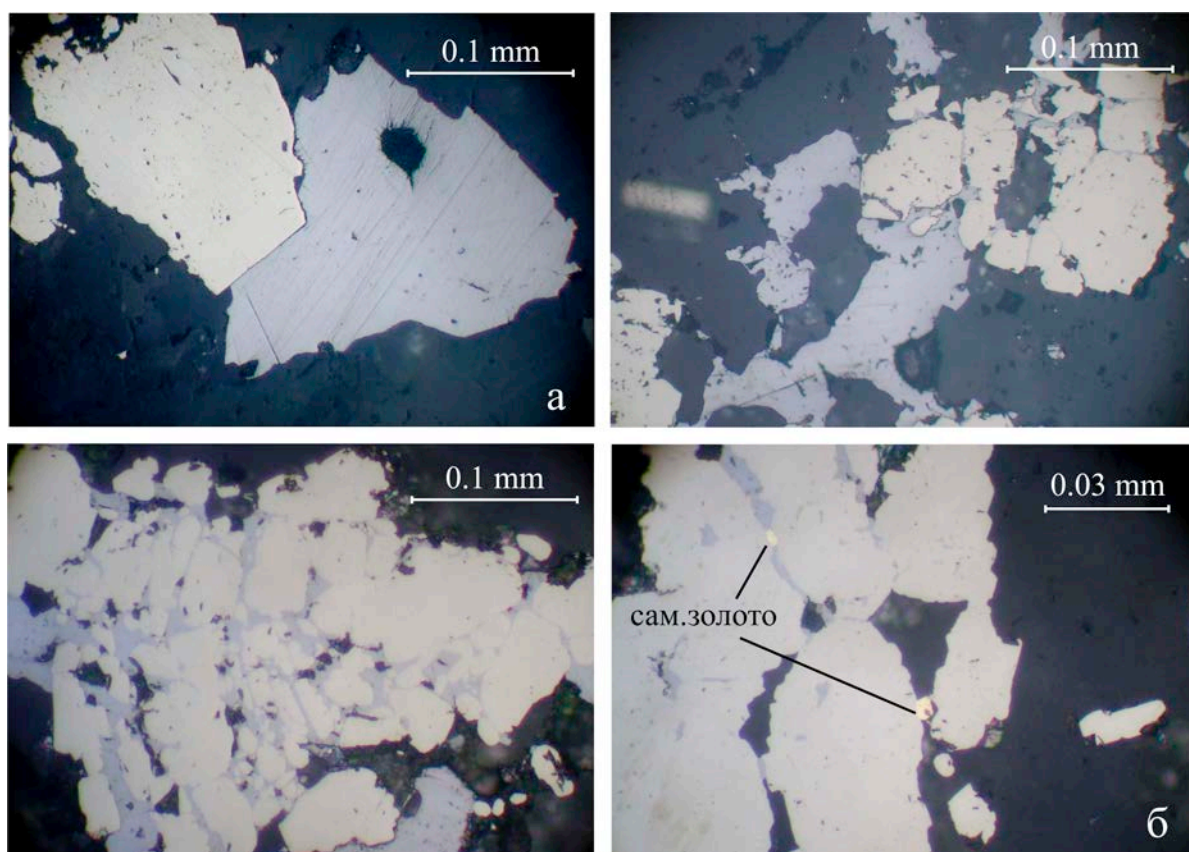


Рисунок 3.29 — Взаимоотношения галенита с пиритом среди кварца: а) сросток кристаллов галенита и пирита; б) прожилки галенита в пирите. Аншлиф: а) 15д-11; б) 28/5-34 (микрофотографии аншлифов автора и С.С. Двуреченской)

По результатам рентгеноспектрального микроанализа, выполненного в ЦНИГРИ, установлено, что пирит-II практически беспримесный по сравнению с пиритом золото-сульфидно-магнетитового типа оруденения (см. Таблица 3.4)

*Пирит-III* (кристаллохимическая формула:  $\text{Fe}_{1.00}\text{S}_{2.00}$ ) — самая поздняя разновидность и составляет мизерную долю от всего пирита. Минерал встречается в микротрещинках кварца осевых жил с незначительной примесью хлорита и образует мелкие кристаллы, ассоциирующие с теллуридными минералами (гесситом, петцитом, алтаитом) и самородным золотом, которые вместе составляют золото-теллуридную минеральную ассоциацию. Содержание пирита-III в кварце не превышает 1 %. По химическому составу пирит практически стерильный (см. Таблица 3.4).

*Халькопирит* в золото-сульфидно-кварцевом типе руд содержится в количестве от 1 до 5 %, а в золото-теллуридно-кварцевой ассоциации его количество крайне мало.

*Халькопирит-II* — как правило, образует мелкие редкие ксеноморфные выделения в жильных минералах или находится в сростании с галенитом и пиритом-II. Достаточно часто халькопирит совместно с галенитом в виде тонких прожилков развиваются по пириту или корродируют его с краев.

Редко встречаются существенные скопления халькопирита, которые преимущественно приурочены к верхним горизонтам месторождения в кальцит-кварцевых жильно-прожилковых образованиях. Здесь халькопирит образует прожилковоподобные выделения мощностью 0,5 см и длиной 2,7 см, замещающие редкие кристаллы пирита с единичными включениями низкопробного самородного золота.

*Халькопирит-III* — самый поздний минерал и присутствует в золото-теллуридно-кварцевой ассоциации в крайне незначительном количестве. Эта генерация халькопирита характеризуется тесной связью с теллуридными минералами. В других случаях халькопирит кристаллизуется в виде отдельных зерен сгруппированных в цепочки, которые приурочены к микротрещинкам в кварце. Иногда развивается в виде тонких прожилков по пириту.

*Галенит* (кристаллохимическая формула:  $\text{Pb}_{0.99}\text{S}_{1.01}$ ) — выявлен исключительно в золото-сульфидно-кварцевых рудах и вероятно из-за недостаточного количества изученных аншлифов не был встречен среди золото-теллуридной ассоциации. Галенит преимущественно встречается в верхних горизонтах месторождения, однако был обнаружен и на значительной глубине в виде единичных зерен (0,008 мм) в сростании с халькопиритом среди хлорит-кальцит-кварцевых скоплений. В аншлифе 15д-11 (Рисунок 3.29а) галенит представлен в виде выделений размером 0,07 мм в ассоциации с пиритом-II в кварц-кальцитовых агрегатах. На другом участке месторождения галенит представлен в основном микропрожилками, секущими пирит и редко содержащими низкопробное самородное золото (Рисунок 3.29б). Наряду с этим галенит образует тонкие просечки, иногда совместно с халькопиритом, по контакту зерен жильных минералов. Химический состав (масс. %) галенита приведен ниже (Таблица 3.10).

Таблица 3.10 Химический состав галенита (масс.%) месторождения Новогоднее-Монто (по материалам исследований автора [Волчков, 2008])

| Pb    | S     | Te   | Bi   | Cu   | Se   | Σ      |
|-------|-------|------|------|------|------|--------|
| 86,83 | 13,67 | 0,16 | 0,07 | 0,03 | 0,03 | 100,79 |

**Гематит** в сульфидно-кварцевых рудах характеризуется кучными скоплениями, состоящими из многочисленных каплевидных частиц нередко по соседству с выделениями галенита в кварц-кальцитовых сростках (Рисунок 3.30).

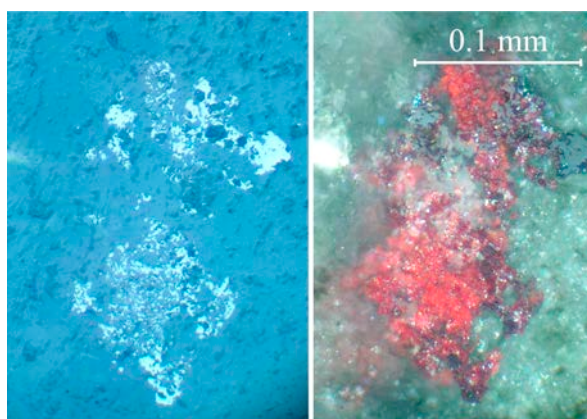


Рисунок 3.30 — Скопления каплевидного гематита в кварце (аншлиф 15д-11) (микрофотографии аншлифов автора и С.С. Двуреченской)

**Теллуридные минералы** встречаются *только в мелкозернистом сером кварце* осевых жил с крайне незначительной примесью рипидолита. Главным образом, эти минералы приурочены к микротрещинкам в кварце и его интерстициям.

Теллуридные минералы представлены **алтаитом ( $PbTe$ )**, **петцитом ( $Ag_3AuTe_2$ )** и **гесситом ( $Ag_2Te$ )**. Как правило, эти минералы находятся в сростании друг с другом, реже по отдельности, особенно алтаит, и образуют неравномерные тонкие просечки по границам зерен кварца, иногда формируют гнездовые скопления и прожилко-вкрапленные выделения совместно с пиритом, реже халькопиритом. Теллуридные минералы, особенно петцит и гессит, содержат нитевидные выделения самородного золота (Рисунок 3.31).

По данным рентгеноспектрального микроанализа, выполненного в ЦНИГРИ, в теллуридах, главным образом, в катионной части осуществляется изоморфное замещение. Так, например, в гессите замещение серебра золотом составляет от 3,55 до 11,9 %, в петците  $Ag \rightarrow Pb$  0.31 %, а в алтаите  $Pb \rightarrow Ag + Au$  1,98 % или  $Pb \rightarrow Ag + Bi$  2 %. Реже происходит изоморфное замещение в анионной части — замещение теллура селеном составляет 0.5 % в петците и 1 % в алтаите (Таблица 3.11).



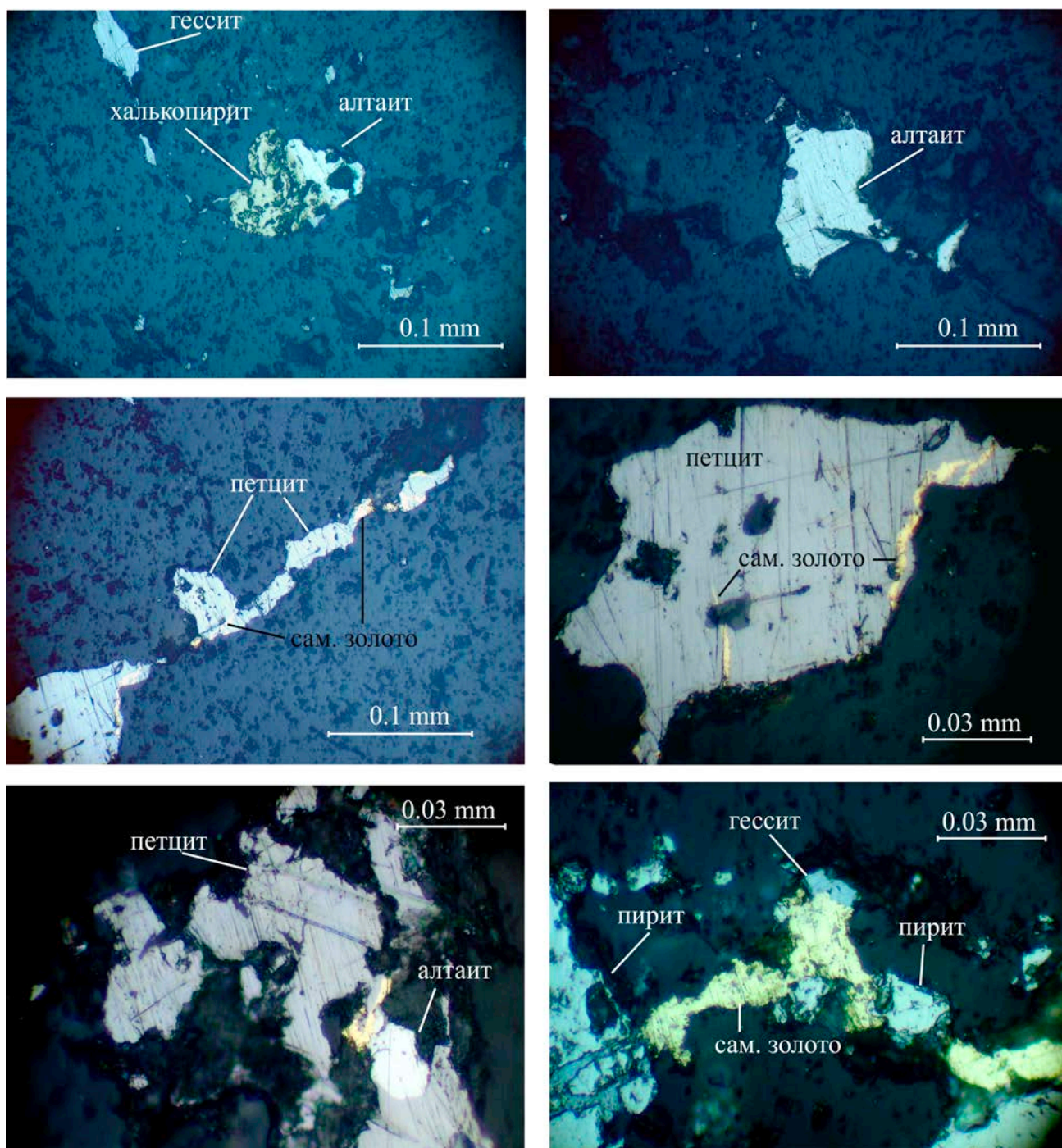


Рисунок 3.31 — Золото-теллуридная минерализация в жильном кварце (аншлиф Н-24) (микрофотографии аншлифов автора и С.С. Двуреченской)

**Самородное золото  $Au$**  в сульфидно-кварцевом типе руд концентрируется в пирите, галените и жильных минералах, реже в халькопирите. В теллуридно-кварцевых рудах, главным образом, самородное золото сконцентрировано в петците и гессите, реже в пирите. Выше сказанное свидетельствует о наличии двух разновидностей самородного золота, связанного с определенными ассоциациями, формирующими золото-сульфидно-кварцевые руды.

Таблица 3.11 Химический состав теллуридных минералов (масс.%) месторождения Новогоднее-Монто (по материалам исследований автора [Волчков, 2008ф])

| №                                                                                                       | Ag    | Au    | Te    | Pb    | Se   | Fe   | Cu   | Hg   | Bi   | Σ     | Ми-нерал |
|---------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------|-------|-------|-------|------|------|------|------|------|-------|----------|
| 1                                                                                                       | 51.79 | 12.84 | 34.05 | 0.09  | 0    | 0    | 0    | 0.23 | 0.08 | 99.08 | Гес-сит  |
| 2                                                                                                       | 55.54 | 7.54  | 35.21 | 0.41  | 0.06 | 0    | 0.05 | 0.14 | 0.04 | 98.99 | Гес-сит  |
| 3                                                                                                       | 55.04 | 6.78  | 35.33 | 0.03  | 0    | 0.03 | 0.05 | 0.01 | 0.12 | 97.39 | Гес-сит  |
| 4                                                                                                       | 57.29 | 3.65  | 36.88 | 0.20  | 0.02 | 0.02 | 0.04 | 0    | 0.04 | 98.14 | Гес-сит  |
| 5                                                                                                       | 57.93 | 5.21  | 36.32 | 0.13  | 0.03 | 0.05 | 0.04 | 0    | 0.06 | 99.77 | Гес-сит  |
| 6                                                                                                       | 45.39 | 20.73 | 32.36 | 0.21  | 0.05 | 0.03 | 0.01 | 0    | 0.12 | 98.9  | Пет-цит  |
| 7                                                                                                       | 46.13 | 20.33 | 32.52 | 0.10  | 0    | 0    | 0.02 | 0    | 0.05 | 99.15 | Пет-цит  |
| 8                                                                                                       | 0.37  | 0.30  | 37.75 | 61.35 | 0.11 | 0    | 0.03 | 0.07 | 0    | 99.98 | Ал-таит  |
| 9                                                                                                       | 0.38  | 0     | 37.87 | 60.84 | 0.13 | 0    | 0.02 | 0.10 | 0.34 | 99.68 | Ал-таит  |
| Примечание — Кристаллохимические формулы теллуридов:                                                    |       |       |       |       |      |      |      |      |      |       |          |
| 1. $(\text{Ag}_{1,77}\text{Au}_{0,24})_{2,01}\text{Te}_{0,99}$                                          |       |       |       |       |      |      |      |      |      |       |          |
| 2. $(\text{Ag}_{1,85}\text{Au}_{0,14}\text{Pb}_{0,01})_{2,00}\text{Te}_{1,00}$                          |       |       |       |       |      |      |      |      |      |       |          |
| 3. $(\text{Ag}_{1,86}\text{Au}_{0,13})_{1,99}\text{Te}_{1,01}$                                          |       |       |       |       |      |      |      |      |      |       |          |
| 4. $(\text{Ag}_{1,90}\text{Au}_{0,07})_{1,97}\text{Te}_{1,03}$                                          |       |       |       |       |      |      |      |      |      |       |          |
| 5. $(\text{Ag}_{1,90}\text{Au}_{0,10})_{2,00}\text{Te}_{1,00}$                                          |       |       |       |       |      |      |      |      |      |       |          |
| 6. $(\text{Ag}_{3,23}\text{Pb}_{0,01})_{3,24}\text{Au}_{0,81}(\text{Te}_{1,94}\text{Se}_{0,01})_{1,95}$ |       |       |       |       |      |      |      |      |      |       |          |
| 7. $\text{Ag}_{3,26}\text{Au}_{0,79}\text{Te}_{1,95}$                                                   |       |       |       |       |      |      |      |      |      |       |          |
| 8. $(\text{Pb}_{0,99}\text{Ag}_{0,01}\text{Au}_{0,01})_{1,01}\text{Te}_{0,99}$                          |       |       |       |       |      |      |      |      |      |       |          |
| 9. $(\text{Pb}_{0,98}\text{Ag}_{0,01}\text{Bi}_{0,01})_{1,00}(\text{Te}_{0,99}\text{Se}_{0,01})_{1,00}$ |       |       |       |       |      |      |      |      |      |       |          |

*Самородное золото-Иа* — более раннее в составе сульфидно-кварцевых руд. Видимое золото этого типа в аншлифах встречается крайне редко. В одном образце с поверхности (Н-20) самородное золото встречается в виде мельчайших частиц в халькопирите, находящемся в пирите, и в самом пирите (Рисунок 3.32а). Также самородное золото отмечается в тонком прожилке галенита, секущем пирит. Микронные частицы золота не позволили проанализировать их зондовым анализом. Однако в отраженном свете самородное золото имеет светло-желтый цвет, свидетельствующий о существенной примеси Ag, т.е. золото является низкопробным.

*Самородное золото-Иб* — связано только с теллуридами. Золотины характеризуются нитевидными выделениями в петците и гессите или отдельными изометричными кристаллами в массе кварца (см. Рисунок 3.32б, Рисунок 3.31). Судя по цвету в отраженном свете пробность самородного золота примерно колеблется в пределах 830 – 860 ‰.

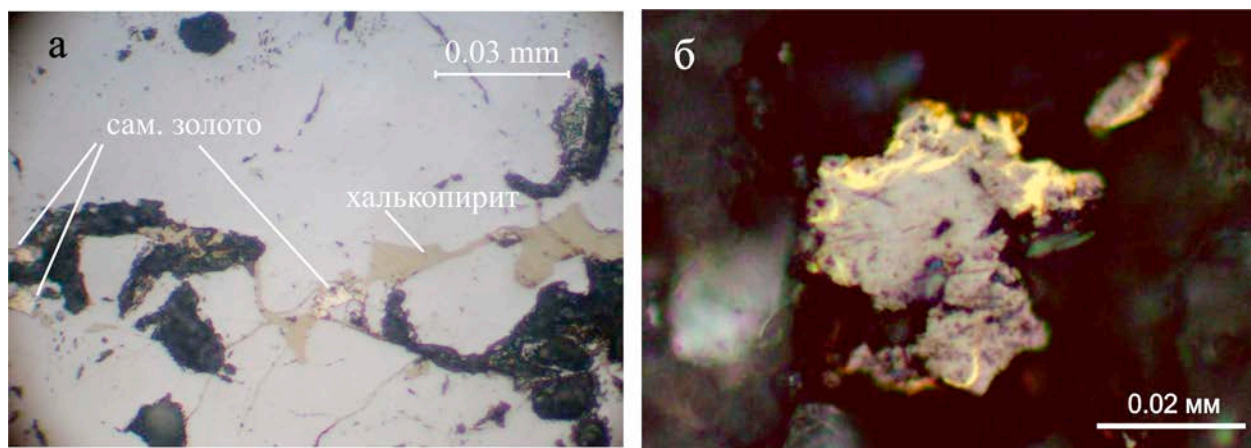


Рисунок 3.32 — Низкопробное самородное золото прожилково-вкрапленных руд: а) в ассоциации с халькопиритом в пирите из кварц-слюдистых метасоматитов (аншлиф Н-20); б) прожилковидные выделения в краевой части гессита в кварцевой жиле (аншлиф НВГ-2) (микрофотографии аншлифов автора и С.С. Двуреченской)

### 3.3.3. Оруденение золото-сульфидного «петропавловского» типа на месторождении Новогоднее-Монто

Во время разведки месторождения Новогоднее-Монто еще не было известно о ведущем типе золотого оруденения Петропавловского месторождения в альбит-(кварц)-хлоритовых метасоматитах тесно ассоциирующих с телами и дайками диорит-порфиров и кварцевых диорит-порфиров (Рисунок 3.33).

Еще в начале изучения месторождения Новогоднее-Монто, сульфидная минерализация ассоциирующая с альбитсодержащими метасоматитами наблюдалась автором на северо-западной периферии месторождения Новогоднее-Монто (Северо-Западный строительный карьер), где она приурочена к дайкообразным телам кварцевых диорит-порфиров, пропилитизированных и несущих убогую сульфидную вкрапленность. По данным единичных проб, отобранных в карьере из таких минерализованных зон, содержания золота оказались низкими (десятые доли г/т), и не представляли интереса для дальнейшего изучения. Последующие буровые работы в пределах северной и северо-западной периферии месторождения также не показали промышленного оруденения, хотя повышенные содержания золота были выявлены. Тем не менее, при дальнейших работах на площади рудного поля оценке этого типа минерализации автором и специалистами ЦНИГРИ было рекомендовано уделить внимание [Волчков, 2001ф; Андреев, 2001<sup>2</sup>], что принесло значимый результат при выявлении и оценке Петропавловского месторождения. Специализированное изучение данных образований на месторождении Новогоднее-Монто не проводилось.



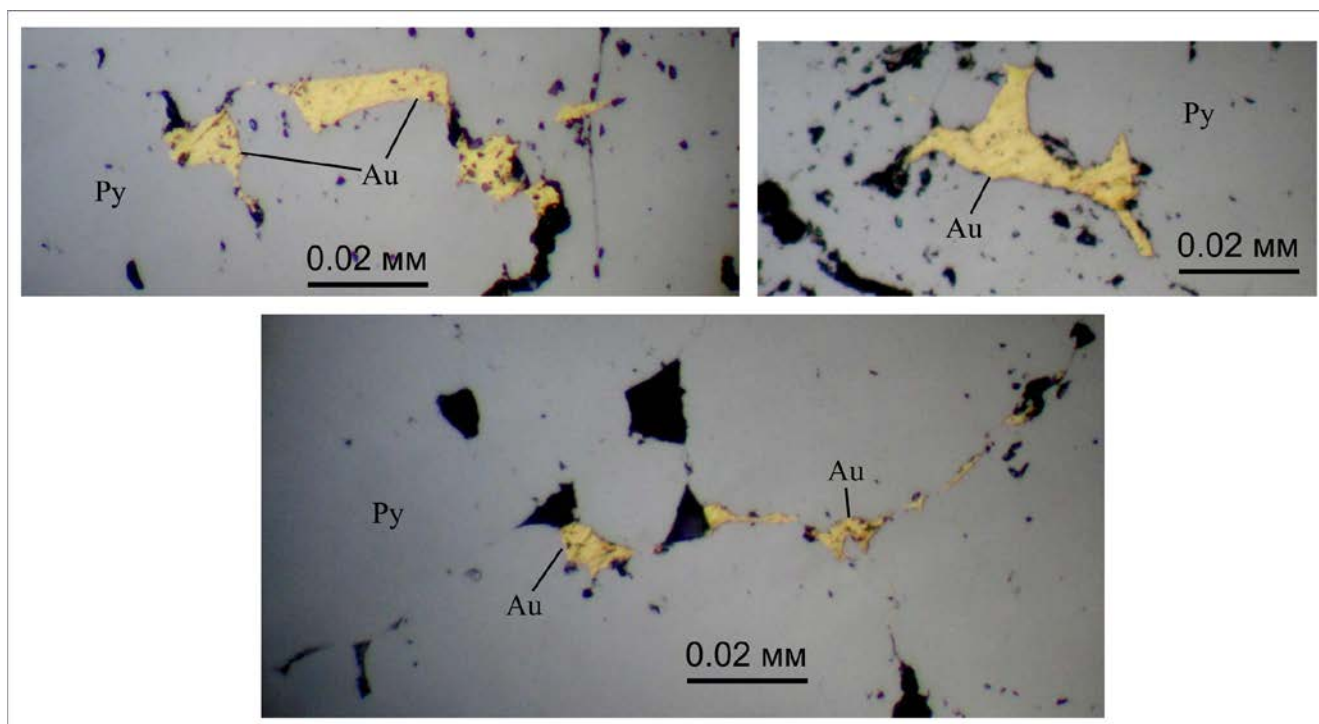


Рисунок 3.33 — Самородное золото в пирите альбитовых метасоматитов месторождения Петропавловское (микрофотографии аншлифов С.С. Двуреченской [Волчков, 2008ф])

По проведенным автором наблюдениям и документации керна скважин, установлено, что близкая по составу минерализация присутствует в связи с телами и дайками диорит-порфиров также на буровых профилях 30, 28, 26 и 18, в приконтактных частях гранитоидного массива подходящего к месторождению с юга (см. Рисунок 3.5 – Рисунок 3.7, Рисунок 3.11, Рисунок 3.14). Золотоносность данных образований (по имеющимся данным опробования) не высокая и не формирует промышленных рудных тел.

#### 3.3.4. Состав минеральных ассоциаций месторождения Новогоднее-Монто и последовательность их формирования

В результате минералогических исследований, проведенных с помощью специалистов отдела минералогии и изотопной геохимии ЦНИГРИ и результаты которых представлены выше при характеристике двух основных типов золотых руд месторождения Новогоднее-Монто, выделен ряд рассмотренных выше минеральных ассоциаций, которые по времени формирования и продуктивности объединяются в несколько главных минеральных комплексов (Таблица 3.12). Продуктивными на золото являются ранние **золото-магнетит-пирит-кобальтиновая** и **золото-полисульфидная** (пирит, халькопирит, арсенопирит, сфалерит) и поздние **золото-пирит-галенитовая** и **золото-теллуридная** минеральные ассоциации. Не смотря на пересечение некоторыми зонами «березитов» скарнов, отчетливых минералогических признаков совмещения ранних и поздних минеральных ассоциаций в пределах месторождения не установлено.



Таблица 3.12 — Последовательность формирования и состав минеральных ассоциаций месторождения Новогоднее-Монто (по материалам исследований автора и С.С. Дзуреченской [Волчков, 2005ф, 2008ф])

| Минеральный комплекс                       | Минеральная ассоциация                | Минеральный состав                                               |
|--------------------------------------------|---------------------------------------|------------------------------------------------------------------|
| <i>Ранний «скарново-протилитовый» этап</i> |                                       |                                                                  |
| Скарново-магнетитовый                      | Гранат-пироксеновая                   | Гранат+диопсид-геденбергит+шпинель                               |
|                                            | Пироксен-эпидотовая                   | Диопсид-геденбергит+эпидот                                       |
|                                            | Магнетит-гранатовая                   | Магнетит+гранат+эпидот                                           |
|                                            | Магнетит-гематитовая                  | Магнетит+гематит                                                 |
| Золото-сульфидный                          | Золото-магнетит-пирит-кобальтиновая   | Магнетит+пирит+пирротин+кобальтин+самородное золото              |
|                                            | Золото-халькопирит-амфибол-хлоритовая | Халькопирит+актинолит+альбит+хлорит+ самородное золото           |
|                                            | Арсенопирит-пирит-кальцит-кварцевая   | Арсенопирит+пирит+кварц+кальцит+хлорит                           |
| <i>Поздний «березитовый» этап</i>          |                                       |                                                                  |
| Серицит-хлоритовый                         | Серицит-кальцит-кварцевая             | Кальцит+серицит+кварц                                            |
|                                            | Кальцит-серицит-хлоритовая            | Кальцит+серицит+хлорит                                           |
| Золото-сульфидно-кварцевый                 | Золото-пирит-кварцевая                | Пирит+халькопирит+галенит+самородное золото+кварц+кальцит+хлорит |
|                                            | Золото-теллуридная                    | Халькопирит+галенит+алтаит+петцит+гессит+самородное золото       |
| Кварц-кальцитовый                          | Кварц-кальцитовая                     | Кварц+кальцит                                                    |
|                                            | Кальцитовая                           | Кальцит                                                          |
| Гипергенный                                | Борнит-гетитовая                      | Самородная медь+борнит+ковеллин+халькозин+гетит                  |

Данные о минералогии многочисленных скарново-магнетитовых и медно-магнетитовых месторождениях Среднего и Северного Урала и их золотоносности указывают на присутствие сходных золотосодержащих рудных ассоциаций [Баклаев, 1973, 1976; Баранников, 1976; Баранов, 1985; Грабежев, 2004; Дерябин, 1978; Мурзин, 1992, 1996, 1999; Емельяненко, 2002; «Железорудные...», 1989; Нечкин, 2003; Подлесский, 1979; Полтавец, 1978, 2000; «Скарново...», 1978] и многие другие. Наиболее известные скарновые объекты Урала, где золото являлось если не главным, то ценным попутным компонентом, это месторождения Ауэрбаховского рудного узла на Северном Урале — Песчанское, 47 Квартал и др. Золотосодержащими являются также руды Третьего Северного месторождения, Покровского, Высокогорского, Шиловского, Масловского, Круглая Гора и многих других. При этом многих из них установлена поздняя золото-теллуридная ассоциация в зонах сопровождающих скарновые руды «березитов», а более раннее золото имеет тесную связь с кобальтином, как и на месторождении Новогоднее-Монто.

Очень близкий набор минеральных ассоциаций и парагенезисов установлен на золото-медно-содержащем железорудном месторождении Круглогорское на Южном Урале, расположенном в пределах Ирэндикского ВПП [Нечкин, 2003, Мурзин, 2009]. Здесь выделено четыре типа рудной минерализации — пирит-магнетитовый скарновый и золотосульфидный апоскарновый, золото-сульфидный пропилитов и сульфидный березит-лиственитов. В целом, район Круглогорского месторождения интересен с точки зрения выявления новых золоторудных месторождений и месторождений меднопорфирового типа. Прогнозные построения, выполненные автором, в рамках работ по изучению меднопорфировых месторождений Южного Урала [Мигачев, 2016ф, Андреев, 2018] указывают на то, что Круглогорский рудный узел является одним из самых перспективных рудных узлов в пределах Ирэндикского ВПП.

Основным минералогическим отличием руд многочисленных скарновых месторождений Урала от руд месторождения Новогоднее-Монто является существенная роль меди (халькопирита), с которым в основном и ассоциирует золото. Как было установлено автором, медная минерализация на месторождении Новогоднее-Монто, как и на других объектах Тоупугол-Ханмейшорского рудного узла, проявлена незначительно.

Большой объем данных, с которыми ознакомился автор, опубликовано по золотоносным скарново-магнетитовым месторождениям Алтае-Саянской области и других регионов Сибири, где также присутствует сходных набор рудных минералов, с которыми связано золото — Синюхинское, Лебедское и др. [Вахрушев, 1972, 1976; Гаськов, 2008; Гусев 1998, 2012; Коробейников, 1976, 1983; Кононкова, 2010; Курганьков, 1983; Попова, 1983; Санин, 2010; Синяков, 1974, 1983;

Языкова, 2010 и др.]. Учитывая, что автор не проводил специализированного изучения золоторудных объектов Сибирского региона, анализ и систематизация столь обширного материала выходит за рамки исследований, представленных в диссертационной работе.

### **3.4. Изотопно-геохимические и физико-химические параметры рудообразования месторождения Новогоднее-Монто**

Для установления основных генетических параметров рудообразования в ходе исследования объектов Новогодненского рудного поля на основе изотопных и термобарогеохимических методов исследования вещества автором совместно со специалистами отдела минералогии и изотопной геохимии ЦНИГРИ (С.Г. Кряжев и др.) впервые для объекта изучения были установлены следующие показатели: химический состав и концентрация растворов, термодинамические параметры среды рудоотложения, источники флюидных компонентов, градиенты физико-химических полей. Частично представленные в настоящей работе материалы были рассмотрены в ряде публикаций [Андреев, 2006, 2011, 2016; Двуреченская, 2007; Устинов, 2007; Soloviev, 2013].

Возможность использования изотопных методов для определения условий минералообразования обусловлена различиями в физико-химических свойствах изотопных молекул. Вследствие этих различий химические и физические превращения молекул могут сопровождаться фракционированием изотопов, т.е. распределением их между фракциями вещества с разными изотопными отношениями. Современные данные теоретических исследований и лабораторных экспериментов позволяют по результатам изотопных исследований определить физико-химические параметры геологических процессов, послуживших причиной разделения изотопов.

Разделение изотопов кислорода между водой и минералом зависит только от температуры, что позволяет рассчитать изотопный состав кислорода флюидов по измеренным значениям  $\delta^{18}\text{O}$  минералов, а также определить температуру их кристаллизации на основе данных по распределению изотопов между различными фазами.

Разделение изотопов серы и углерода в процессе гидротермального минералообразования зависит от температуры и  $\text{pH}-f\text{O}_2$  условий. Х. Омото и Р. Рай [Омото, 1982] было показано, что в гидротермальных условиях  $\delta^{34}\text{S}$  и  $\delta^{13}\text{C}$  минералов могут сильно отличаться от соответствующих изотопных параметров флюида. Для определения возможных источников серы и углерода необходимо оценить изотопный состав и соотношение окисленных и восстановленных форм этих элементов в растворе ( $\text{H}_2\text{S}$ ,  $\text{SO}_4^{2-}$ ,  $\text{CO}_2$ ,  $\text{CH}_4$  и др.).

Причины, вызывающие разрушение комплексов металлов, являются основными факторами рудоотложения. К ним относятся изменение температуры и давления,  $f\text{O}_2\text{--pH}$  условий, кон-

центратий комплексобразующих лигандов. Согласно существующим представлениям, сульфидные комплексы золота наиболее устойчивы и ответственны за транспортировку золота в гидротермальных условиях [Летников, 1981 и др.]. Изменение физико-химических параметров, приводящее к распаду комплексов и отложению металла, может сопровождаться одновременным фракционированием изотопов серы.

### *Изотопный состав серы сульфидов*

Результаты изотопных исследований серы сульфидов руд месторождения Новогоднее-Монто (Таблица 3.13, Рисунок 3.34) свидетельствуют о наличии двух генераций сульфидов.

Таблица 3.13 — Изотопный состав серы сульфидов руд месторождения Новогоднее Монто (по результатам исследований автора и С.Г. Кряжева [Волчков, 2005ф, 2008ф])

| № № проб                                            | Характеристика проб                   | $\delta^{34}\text{S}$ , ‰ |
|-----------------------------------------------------|---------------------------------------|---------------------------|
| <b>Материал технологической пробы 4-Т</b>           |                                       |                           |
| МТ-4-3                                              | Пирит-1 тонкокристаллический          | +0.7                      |
| МТ-4-3                                              | Пирит-1 крупнокристаллический         | +0.9                      |
| МТ-4-4                                              | Пирит-2 в кварц-кальцитовом прожилке  | -1.2                      |
| <b>Протолочные пробы сульфидно-магнетитовых руд</b> |                                       |                           |
| К-18Д-10                                            | Немагнитная фракция                   | -0.2                      |
| К-8Д-10                                             | Немагнитная фракция                   | -0.7                      |
| К-8Д-10                                             | Кобальтин                             | +1.0                      |
| К-13Д-12                                            | Немагнитная фракция                   | +1.1                      |
| Ц-11                                                | Халькопирит медно-скарновых руд       | +1.1                      |
| <b>Золотоносные сульфидно-кварцевые жилы</b>        |                                       |                           |
| НВГ-3                                               | Пирит в сульфидно-кварцевой жиле      | -0.7                      |
| НВГ-2                                               | Сульфидный концентрат из кварца       | -0.4                      |
|                                                     | Пирит                                 | +0.8                      |
| Ц-17                                                | Халькопирит                           | -1.2                      |
|                                                     | Галенит                               | -1.2                      |
| М28-5/31                                            | <b>Пирит в кварцевом метасоматите</b> | -1.0                      |
| М28-5/126                                           | <b>Пирит в ассоциации с хлоритом</b>  | +0.3                      |

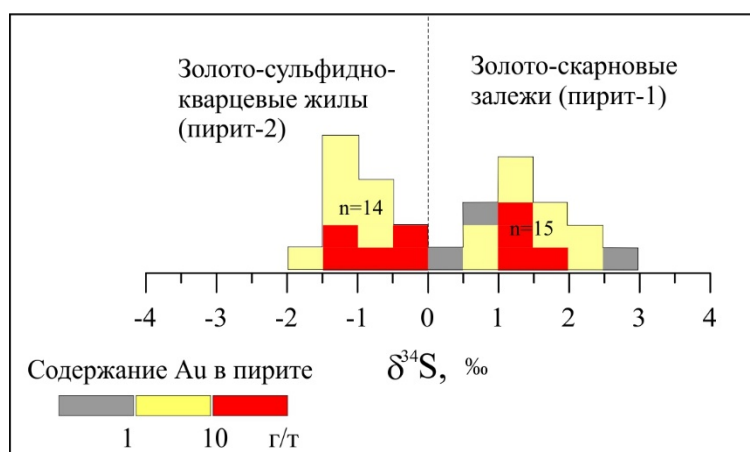


Рисунок 3.34 — Изотопный состав серы сульфидов руд месторождения Новогоднее Монто (по результатам исследований автора и С.Г. Кряжева [Волчков, 2005ф, 2008ф])



Ранняя генерация представлена пиритом-I и кобальтином, а также халькопиритом. Кобальтин и ассоциирующий с ним золотоносный пирит характеризуются положительными  $\delta^{34}\text{S}$ . Изотопный состав серы этих минералов практически постоянен, что свойственно сульфидам магматогенного происхождения. По существующим представлениям [Омото, Рай, 1982], при  $f\text{O}_2$ , отвечающей равновесию магнетит-пирит-пирротин, и температурах выше  $350^\circ\text{C}$  вся сера находится в сульфидной форме. Следовательно, фракционирование изотопов в системе флюид-минерал зависит только от температуры (при  $400^\circ\text{C}$  пирит обогащается изотопом  $^{34}\text{S}$  не более чем на 1 ‰). Таким образом, изотопный состав серы магматогенных растворов лежит в интервале  $\delta^{34}\text{S}$  от 0 до +1 ‰ и отвечает «мантийному» значению. С другой стороны, постоянство  $\delta^{34}\text{S}$  сульфидов, отлагающихся в среде существенно магнетитовых пород, может быть использовано как свидетельство высокотемпературного (более  $350^\circ\text{C}$ ) характера минерализации.

Формирование скарнов пироксен-гранатовой и пироксен-эпидотовой фаций происходит, согласно теоретическим и экспериментальным данным, при  $600 - 450^\circ\text{C}$  [«Метасоматизм...», 1998]. Семейство сопутствующих скарновых руд образуется в заключительные этапы ранней щелочной стадии в результате пространственного совмещения скарнового и непосредственно сменяющего его рудного процессов. Главной причиной оруденения скарнов является повышение кислотности растворов. Это приводит к замещению скарновых минералов рудными окислами (магнетитом) и затем сульфидами. Они являются солями слабых кислот и оснований, поэтому их наименьшая растворимость характерна для перехода от щелочных условий к кислым. Таким образом в целом температурный интервал формирования руд раннего «скарнового» этапа оценивается интервалом  $600 - 350^\circ\text{C}$ .

Сульфиды «березитового» этапа заметно обогащены легким изотопом серы (см. Таблица 3.13). Модальное значение  $\delta^{34}\text{S}$   $(-1) \pm 0,5$  ‰ отмечается в пирите кварц-хлорит-кальцитовых прожилков, наложенных на магнетит массивных скарновых руд, пирите сульфидно-кварцевых жил и зон «березитизации» вулканитов. Аналогичным изотопным составом серы характеризуются халькопирит и галенит, ассоциирующие с теллуридными минералами и самородным золотом. Равенство  $\delta^{34}\text{S}$  халькопирита и галенита при этом свидетельствует о неравновесных условиях их кристаллизации, что может быть обусловлено низкой температурой процесса. Рассмотренные закономерности вариаций изотопного состава сульфидной серы позволяют сделать вывод о том, что суммарная сера минералообразующего флюида была примерно на 1 ‰ «легче» метеоритного стандарта. Таким образом, два этапа минерализации отличаются не только условиями рудоотложения, но и параметрами источника растворов.

Сделанное заключение не обязательно подразумевает существование двух источников серы. Снижение  $\delta^{34}\text{S}$  по мере развития рудного процесса является характерной чертой скарново-

магнетитовых месторождений Урала [Баранов, 1985] и может являться следствием эволюции «мантийного» магматического источника. Основной причиной отмеченной закономерности выступает возрастание  $fO_2$  и рН по мере снижения температуры. Основная масса сульфидов «березитового» кристаллизовались при температуре около 250 °С в слабощелочных условиях при  $\lg fO_2$  от -38 до -35.

Как в отношении месторождения Новогоднее-Монто, так и в целом для Тоупугол-Ханмейшорского рудного узла, характерно следующее. Положительные значения  $\delta^{34}S$  сульфидов ( $\delta^{34}S > 0$ ) характерны для высокотемпературных типов оруденения: золото-сульфидно-магнетитового на месторождении Новогоднее-Монто и золото-сульфидного в (хлорит)-альбитовых метасоматитах месторождения Петропавловское. Наиболее низкие значения ( $\delta^{34}S < -4 \text{ ‰}$ ) отмечаются на северном фланге Петропавловского месторождения, и на ряде рудопроявлений узла и могут рассматриваться как проявления наиболее низкотемпературной минерализации. Для основного объема руд среднетемпературного золото-сульфидно-кварцевого типа на всех изученных рудных объектах Тоупугол-Ханмейшорского узла характерны промежуточные значения  $\delta^{34}S$  — в интервале от 0 до (-2) ‰.

В целом для золотоносного пирита выделяемых структурно-вещественных типов оруденения установлены узкие диапазоны вариаций изотопного состава серы сульфидов при близости значений  $\delta^{34}S$  к метеоритному стандарту. Этот факт свидетельствует в пользу единого глубинного (подкорового) источника серы и связанных с сульфидами рудных компонентов.

#### ***Изотопный состав кислорода магнетитов***

Сопутствующее золото-сульфидное оруденение скарнов формируется в заключительные этапы ранней щелочной стадии вслед за магнетитовым в результате пространственного совмещения скарнового и непосредственно сменяющего его рудного процессов [«Скарновые...», 1985], являясь следствием закономерной эволюции единой рудообразующей системы. Главной причиной оруденения скарнов является повышение кислотности растворов, что приводит к замещению скарновых минералов магнетитом при температуре порядка 500°С и затем сульфидами при 450 – 350°С.

Однако далеко не во всех случаях образование магнетитовых залежей завершается отложением значительного количества золотосодержащих сульфидов даже в пределах единой с генетической точки зрения площади Тоупугол-Ханмейшорского узла, а тем более в масштабе Малоуральского ВПП. В этой связи большое практическое значение имеют такие характеристики магнетита, по которым «продуктивные» на золото залежи могут быть выделены среди «рядовых» магнетитовых руд.

В качестве наиболее вероятного индикатора условий сопряженного со скарнами рудообразующего процесса может служить изотопный состав входящего в магнетит кислорода. Этот

показатель зависит от ряда факторов — источника водной фазы рудообразующих растворов, температуры рудоотложения, особенностей процесса взаимодействия растворов и вмещающих пород. Соответственно, изотопный состав кислорода ( $\delta^{18}\text{O}$ ) отражает всевозможные сочетания и вариации указанных условий, которые могут встречаться в природных системах.

Для решения этого вопроса автором была подготовлена выборка магнетитов золото-сульфидно-магнетитовых руд месторождения Новогоднее-Монто, сходных объектов Тоупугол-Ханмейшорского рудного узла (в том числе месторождение Петропавловское, участки Караченцева и Аномальный) и нескольких изученных автором в разной степени золотоносных скарново-магнетитовых проявлений более южных частей Малоуральского ВПП (рудопроявления Рудная Горка-1, Рудная Горка-3, Скарновое). Магнетиты проанализированы автором совместно с С.Г. Кряжевым (ЦНИГРИ) и В.И. Устиновым (ГЕОХИ РАН) на распределение изотопов кислорода, в сравнительном плане также проанализированы изотопно-кислородные характеристики рудовмещающих вулканогенно-осадочных и ассоциирующих с оруденением метасоматических и магматических пород (Таблица 3.14) [Устинов, 2007; Волчков, 2007ф].

Таблица 3.14 — Изотопный состав кислорода магнетитов месторождения Новогоднее-Монто и сульфидно-магнетитовых рудопроявлений Малоуральского ВПП [Устинов, 2007]

| Характеристика образцов                                                                        | $\delta^{18}\text{O}_{\text{SMOW}}, \text{‰}$ |
|------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------|
| <b>Околорудные породы месторождения Новогоднее-Монто (валовые пробы)</b>                       |                                               |
| Тоналит собского комплекса                                                                     | +1.7                                          |
| Монцодиорит-порфиры и габбро конгорского комплекса                                             | +6.0                                          |
| Известняки тоупугольской толщи                                                                 | +25.4                                         |
| Известняки тоупугольской толщи мраморизованные (среднее из 9 определений)                      | +15.5                                         |
| Гранатовый скарн                                                                               | +0.3                                          |
| <b>Рассеянная минерализация в околорудных породах Тоупугол-Ханмейшорского узла</b>             |                                               |
| Магнетит мелкокрапленный в ассоциации с пиритом                                                | +8.1                                          |
| Маломощные линзы массивного магнетита (месторождение Петропавловское)                          | +2.4                                          |
| То же, с наложенной сульфидной минерализацией                                                  | +2.3                                          |
| Маломощные линзы массивного магнетита (уч. Караченцева)                                        | +1.8                                          |
| Маломощные линзы массивного магнетита (Новогоднее-Монто)                                       | +1.4                                          |
| То же, вблизи золоторудного тела                                                               | -0.5                                          |
| Маломощные линзы массивного магнетита (уч. Аномальный)                                         | +4.2                                          |
| То же, вблизи золоторудного тела                                                               | -0.2                                          |
| <b>Рудные тела месторождения Новогоднее-Монто</b>                                              |                                               |
| Массивный магнетит без сульфидной минерализации                                                | -1.5                                          |
| Массивный магнетит рядовых золото-сульфидных руд (Au — 2,68 г/т, Cu — 0,28 %)                  | -1.4                                          |
| Массивный магнетит богатых золото-сульфидных руд (Au — 2,68 г/т, Cu — 0,28 %)                  | -1.6                                          |
| Кварц из золото-сульфидного прожилка в массивном магнетите                                     | +13.5                                         |
| <b>Золотоносные скарново-магнетитовые рудопроявления</b>                                       |                                               |
| Уч. Тоупугольский. Массивный магнетит с сульфидами (Au — 2,3 г/т)                              | -3.7                                          |
| Карьер 17 км (восточный фланг месторождения Новогоднее-Монто). Массивный магнетит с сульфидами | -2.4                                          |
| Р.пр. Рудная Горка-3, уч. Южный. Массивный магнетит с сульфидами (золото-медные руды)          | -2.7                                          |
| Р.пр. Рудная Горка-3, уч. Северный. Массивный магнетит с сульфидами (золото-медные руды)       | -1.8                                          |
| <b>Слабозолотоносные скарново-магнетитовые рудопроявления</b>                                  |                                               |
| Р.пр. Скарновое. Массивный магнетит с сульфидами (медные руды)                                 | -6.4                                          |
| Р.пр. Рудная Горка-1. Массивный магнетит с сульфидами (безрудный)                              | -8.0                                          |
| Р.пр. Рудная Горка-1. Массивный магнетит с сульфидами (безрудный)                              | -10.3                                         |

Полученные данные позволили сделать следующие выводы.

Скарны сформировались при посредстве конвективной магматогенно-гидротермальной системы, в состав которой входили активизированные поверхностные (метеорные или морские) воды. В результате взаимодействия с большим объемом водного флюида произошло прогрессивное снижение  $\delta^{18}\text{O}$  пород от +25,4 (известняк) до +15,5 (мрамор) и +0,3 (гранатовый скарн). Изотопный состав кислорода воды, равновесной с гранатом скарнов при 600 – 650°C, отвечает значению  $\delta^{18}\text{O} +2$  ‰. Пониженное содержание изотопа  $^{18}\text{O}$  установлено также для тоналитов собского комплекса, с которыми связано формирование скарново-магнетитовых залежей. Пострудные габбро-долериты и монцодиорит-порфириды конгорского комплекса не затронуты этим процессом и имеют первичный «мантийный» изотопный состав кислорода ( $\delta^{18}\text{O} +6$  ‰).

Выполненными исследованиями показано, что изотопный состав кислорода магнетита не зависит от интенсивности наложенных гидротермальных процессов, и поэтому полученные данные характеризуют именно условия кристаллизации минерала. Формирование магнетитовых руд происходит в относительно узком температурном интервале 450 – 500°C [«Скарновые...», 1985]. Следовательно, установленные вариации  $\delta^{18}\text{O}$  могут быть в первую очередь связаны с изменением изотопного состава кислорода гидротермальных растворов ( $103 \ln \alpha$  магнетит–вода = (-6,3)  $\pm$  0,1 ‰).

В пределах одной рудной залежи или сближенных рудных залежей значения  $\delta^{18}\text{O}$  магнетита весьма постоянны. Вместе с тем, в масштабе рудного поля каждая залежь отличается от других по изотопному составу кислорода магнетита. Выявленные вариации являются отражением физико-химической зональности палеогидротермальной системы.

Магнетит золотосодержащих объектов в целом характеризуются интервалом  $\delta^{18}\text{O}$  от (-1,4) до (-3,7) ‰. Рассеянная магнетитовая минерализация во вмещающих вулканогенно-осадочных породах отличается более высоким содержанием изотопа  $^{18}\text{O}$ , что связано со снижением отношения вода/порода в системе. Следовательно, крупные магнетитовые залежи сформировались в наиболее проницаемых структурах при определяющем влиянии гидротермальных растворов с  $\delta^{18}\text{OH}_2\text{O} +4...+5$  ‰.

Отложение золотоносных сульфидов (кобальтин, Со-пирит, пирротин) в ассоциации с кварцем происходило при 350°C из растворов с максимальными значениями  $\delta^{18}\text{OH}_2\text{O} (+7,7$  ‰). Закономерное повышение  $\delta^{18}\text{OH}_2\text{O}$  в процессе рудообразования может быть связано с увеличением доли магматогенных вод в гидротермальной системе.

Магнетит скарново-магнетитовых залежей, малопродуктивных на золото-сульфидное оруденение (рудопроявления Рудная Горка-1 и Скарновое), отличается резко пониженными зна-



| № № обр                        | Температуры фазовых переходов, °С |                 |                      | Параметры минералообразующих растворов |                                |                            | Число определений |
|--------------------------------|-----------------------------------|-----------------|----------------------|----------------------------------------|--------------------------------|----------------------------|-------------------|
|                                | T <sub>з</sub>                    | T <sub>пл</sub> | T <sub>гом</sub> (ж) | Состав солей                           | Концентрация солей NaCl экв %, | T °С образования (средняя) |                   |
| Кварц МТ-4-4<br>(центр. зона)  | -23                               | -7,5            | 230–240              | (Na,K)Cl                               | 11                             | 270                        | 25                |
| Кварц МТ-4-4<br>(внешняя зона) | -23                               | -8,6            | 165–170              | (Na,K)Cl                               | 12,5                           | 220                        | 10                |
| Кальцит МТ-4-4                 | -23                               | -11.0           | 140–150              | (Na,K)Cl                               | 15                             | 200                        | 20                |
| Кварц НВГ-3                    | -25                               | -5,8            | 165                  | (Na,K)Cl                               | 9                              | 215                        | 10                |
| Кварц Ц-17                     | -55                               | -33             | 100                  | (CaNa)Cl                               | >26                            | 130                        | 15                |

Примечания — T<sub>з</sub> — температура протаивания эвтектики, T<sub>пл</sub> — температура плавления последнего кристалла льда, T<sub>гом</sub> (ж) — температура полной гомогенизации включений (в жидкую фазу). При оценке температур образования введены поправки, соответствующие давлению 300 бар для определенных концентраций растворов.

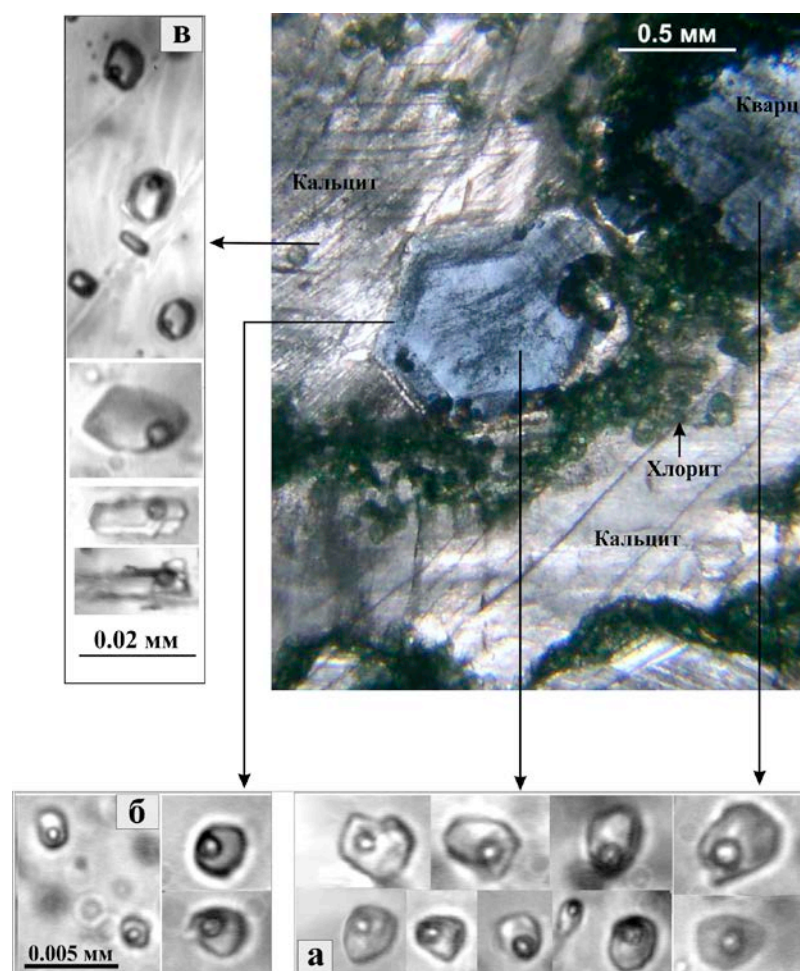
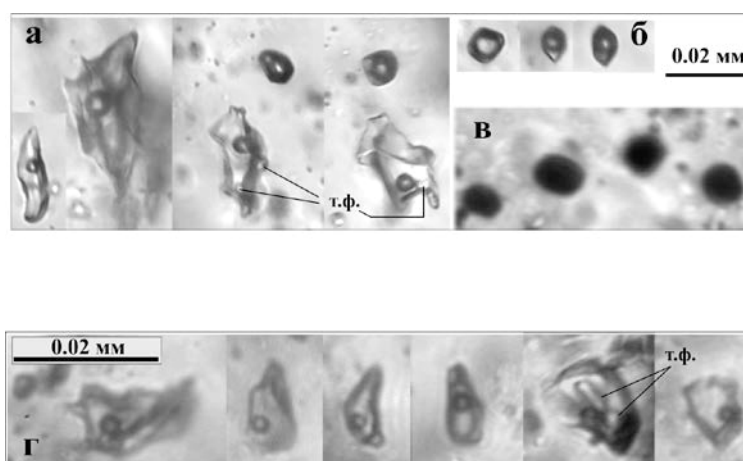


Рисунок 3.35 — Первичные флюидные включения в жильных минералах кварц-магнетит-пирит-хлорит-кальцитовых прожилков из скарновых руд (а — в центральных зонах кристаллов кварца,  $T_{\text{гом}}$  230 – 240 °С; б — во внешних зонах кристаллов кварца,  $T_{\text{гом}}$  165 – 170 °С; в — в кальците,  $T_{\text{гом}}$  140 – 150 °С) (по результатам исследований автора и С.Г. Кряжева [Волчков, 2005ф, 2008ф])



а – в — хрусталеvidные кристаллы кварца с включениями галенита, теллуридных минералов и самородного золота: а — включения кальциево-хлоридных рассолов  $T_{\text{гом}}$  100 °С, б — существенно газовые включения, в — включения рудных фаз; г — шестоватые кристаллы молочно-белого жильного кварца: включения щелочно-хлоридных растворов  $T_{\text{гом}}$  165 – 170 °С; т.ф. — неидентифицированные твердые фазы

Рисунок 3.36 — Первичные флюидные включения в кварце прожилково-вкрапленных руд (по результатам исследований автора и С.Г. Кряжева [Волчков, 2005ф, 2008ф])

Наиболее ранние первичные включения минералообразующих растворов расположены в центральных частях кристаллов кварца. Они содержат раствор хлоридов щелочей и гомогенизируются при 230 – 240°C. В кальците прожилка первичные включения более низкотемпературные — 140 – 150°C. Кристаллы кварца, контактирующие с кальцитом, имеют внешнюю кайму, содержащую большое количество мельчайших газовой-жидких включений с  $T_{\text{гом}}$  165 – 170°C. Наиболее вероятно, что указанные включения относятся к начальной фазе формирования кварц-кальцитовой ассоциации.

Аналогичные по составу и свойствам включения отмечены в шестоватых кристаллах молочно-белого кварца из золото-сульфидно-кварцевой жилы (обр. НВГ-3).

Наиболее низкотемпературные включения ассоциируют с золото-полиметаллической минерализацией в кварцевых прожилках. Выделения халькопирита, галенита, теллуридных минералов и самородного золота сопровождаются здесь формированием хрусталевидного кварца (обр. Ц-17). Этот кварц содержит включения рудных фаз и флюидов (см. Рисунок 3.36). Наибольшее количество включений представлено высококонцентрированными растворами хлоридов кальция, что однозначно устанавливается по низкой температуре эвтектики (-55°C). При замораживании во включениях появляется фаза NaCl, исчезающая при -21°C. В тесной ассоциации с газовой-жидкими включениями находятся существенно газовые включения, представляющие собой пузырьки газа низкой плотности с небольшой долей водно-солевого раствора. До температуры -190°C фазовые переходы в этих включениях не наблюдаются.

Во всех изученных включениях при охлаждении не образуются газогидраты, не наблюдается обособление фазы жидкой CO<sub>2</sub>, что свидетельствует о низкой (менее 1 моль/л) концентрации этого компонента.

По данным валового анализа содержание углекислоты весьма мало и составляет 0,15 моль/кг H<sub>2</sub>O, а отношения CO<sub>2</sub>/CH<sub>4</sub> = 6 – 24 достаточно высокие (Таблица 3.16). Как правило, ничтожное количество углеводородов (CO<sub>2</sub>/CH<sub>4</sub> > 100) свойственно магматогенным флюидам, образованным при развитии минералообразования за счет кислых пород.

Поскольку признаки газов в растворах включений не установлены, для определения истинной температуры минералообразования необходимо введение поправок, обусловленных давлением.

*Давление* при минералообразовании оценено по разнице между температурой гомогенизации газовой-жидких включений и истинной температурой кристаллизации минералов, определенной изотопным геотермометром: магнетит —  $\delta^{18}\text{O}$  -2,5 ‰; кальцит —  $\delta^{18}\text{O}$  +14,0 ‰;  $T$  — 220 °C.

Таблица 3.16 — Состав флюидных включений в кварце месторождения Новогоднее-Монто (по данным валового хроматографического и ICP-MS анализа) (по результатам исследований автора и С.Г. Кряжева [Волчков, 2005ф, 2008ф])

| № № проб                                     | НМ20-76 | НВГ-1 | НВГ-3 | НВГ-2 |
|----------------------------------------------|---------|-------|-------|-------|
| H <sub>2</sub> O, ppm                        | 799     | 2492  | 2235  | 1197  |
| Главные компоненты, моль/кг H <sub>2</sub> O |         |       |       |       |
| CO <sub>2</sub>                              | 0,224   | 0,107 | 0,140 | 0,075 |
| CH <sub>4</sub>                              | 0,010   | 0,007 | 0,011 | 0,012 |
| Cl                                           | 0,057   | 0,186 | 0,187 | 0,133 |
| HCO <sub>3</sub>                             | 3,96    | 0,40  | 0,31  | 1,25  |
| Na                                           | 0,569   | 0,168 | 0,189 | 0,226 |
| K                                            | 0,062   | 0,151 | 0,080 | 0,683 |
| Ca                                           | 0,990   | 0,076 | 0,082 | 0,090 |
| Mg                                           | 0,700   | 0,058 | 0,034 | 0,147 |
| Na / K                                       | 9,2     | 1,1   | 2,4   | 0,3   |
| CO <sub>2</sub> /CH <sub>4</sub>             | 23,5    | 16,0  | 12,7  | 6,3   |
| Микроэлементы, ммоль/кг H <sub>2</sub> O     |         |       |       |       |
| Au                                           | 0,000   | 0,000 | 0,000 | 0,019 |
| Ag                                           | 0,000   | 0,000 | 0,001 | 0,125 |
| Te                                           | 0,000   | 0,027 | 0,058 | 0,159 |
| As                                           | 0,4     | 0,4   | 0,9   | 0,1   |
| B                                            | 26,8    | 18,7  | 33,8  | 63,4  |
| Li                                           | 3,1     | 0,9   | 0,4   | 2,0   |
| Rb                                           | 0,04    | 0,07  | 0,03  | 0,40  |
| Sr                                           | 2,1     | 0,4   | 0,8   | 0,3   |
| Cu                                           | 0,4     | 0,2   | 0,3   | 0,4   |
| Zn                                           | 1,3     | 1,0   | 2,2   | 1,3   |
| Mo                                           | 0,0     | 0,1   | 0,0   | 0,1   |
| Pb                                           | 0,0     | 0,0   | 0,0   | 0,0   |
| Ba                                           | 0,14    | 0,05  | 0,05  | 0,21  |
| Sb                                           | 0,01    | 0,00  | 0,02  | 0,01  |

Распределение изотопов кислорода между минеральными фазами определяется температурой. Для термометрии использован парагенезис кальцита и магнетита, наблюдаемый в обр. МТ4-4. Магнетит образует с кальцитом тесные прорастания и, возможно, образован в результате переотложения магнетита вмещающей залежи. Температура формирования этой ассоциации, судя по распределению изотопов кислорода между минералами, составляет 220°C [Фор, 1989]. Температура гомогенизации включений в кальците составляет 140 – 150°C. Однако наиболее вероятно, что переотложение магнетита происходило в более ранний период, одновременно с перекристаллизацией кварца и формированием внешних призматических кайм (см. Рисунок 3.35) при 165 – 170°C. Таким образом, максимальное занижение температуры гомогенизации, обусловленное влиянием давления, составляет 70°C, минимальное — 50°C. Концентрация минералообразующих растворов по данным криометрии составляет 15 % NaCl-экв. Наиболее вероятная оценка давления, определенная по соответствующей диаграмме [Реддер, 1987] составит 300 бар (максимальная — 550 бар), что отвечает глубинам порядка 1,5 км.

Кальцит, входящий в состав прожилковой минерализации, в целом характеризуется выдержанным изотопным составом кислорода от +12,9 до +14,4 ‰ (Таблица 3.17).



Таблица 3.17 — Изотопные параметры кальцитов месторождения Новогоднее-Монто (по результатам исследований автора и С.Г. Кряжева [Волчков, 2005ф, 2008ф])

| № обр.  | Описание                                      | $\delta^{18}\text{O}$ | $\delta^{13}\text{C}$ |
|---------|-----------------------------------------------|-----------------------|-----------------------|
| МТ-4-4  | Прожилки кварц-хлорит-кальцитовый в магнетите | +14.1                 | -3.9                  |
| НКВ-2   | Прожилки кальцита в кварцевой жиле            | +12.9                 | -3.5                  |
| МТ-4-1  | Карбонатизированный гранатовый скарн          | +14.4                 | -1.4                  |
| К-18-10 | Прожилки кальцита в магнетит-сульфидных рудах | +13.7                 | 1.2                   |
| К-8-10  | Прожилки кальцита в магнетит-сульфидных рудах | +14.1                 | 0.3                   |
| К-13-12 | Прожилки кальцита в магнетит-сульфидных рудах | +13.9                 | 1.5                   |

Расчетный изотопный состав кислорода водной фазы флюидов при 210°C составляет  $\delta^{18}\text{O}$  +5 ‰, что близко соответствует так называемой «ювенильной» воде, пришедшей в изотопное равновесие с магмами базальтового состава. Наблюдаемые при этом широкие вариации изотопного состава углерода, очевидно, могут быть обусловлены заимствованием тяжелого изотопа  $^{13}\text{C}$  из известняков ( $\delta^{13}\text{C}$   $0 \pm 2$  ‰).

Таким образом, представленные результаты исследований флюидных включений и изотопных параметров кварцевых и кальцитовых прожилков месторождения Новогоднее-Монто показывают, что минерализация «березитового» этапа сформирована относительно низкотемпературными (от 270 до 130°C) щелочно-кальциево-хлоридными растворами при давлении около 300 бар, в отличие от формирования скарновых руд, которое происходило при участии высокотемпературных (более 350°C) магматогенных растворов, содержащих серу мантийного происхождения.

### 3.5. Характеристика коры выветривания месторождения Новогоднее-Монто и ее золотоносности

Вследствие широкого развития сульфидизированных метасоматитов слабоустойчивых в зоне гипергенеза, на месторождении Новогоднее-Монто развита зона окисления, представленная корой выветривания (КВ), состоящей из пестроцветного щебнисто-песчано-глинистого материала. КВ остаточная, небольшой мощности (0,5 – 10 м), представлена нижними горизонтами гипергенного профиля — зоной дезинтеграции и нижней частью зоны гидратации (нижние горизонты зоны глин). Наиболее интенсивно кора выветривания развивается по зонам «березитов» с золото-сульфидно-кварцевым оруденением, тем самым имея гнездовый и линейно-трещинный характер (см. Рисунок 3.26 – Рисунок 3.28). Учитывая, что на момент изучения месторождения, скарны и золотоносные магнетитовые тела практически не были вскрыты с поверхности, характер коры выветривания, образующийся по последним, изучена существенно в меньшей степени.

Изучение коры выветривания месторождения проводилось автором совместно со специалистами отдела экзогенной золотоносности ЦНИГРИ (Н.М. Риндзюнская, О.С. Набровенков, Е.А. Черемисина, О.Ю. Рогова), лабораторное изучение отобранного материала проводилось Т.П. Зубовой, Л.А. Николаевой, Ю.В. Щегольковым и др.; кроме того, выявленное свободное золото из коры выветривания анализировалось на растровом электронном микроскопе в ИГЕМ РАН (А.В. Моховым). Результаты исследований гипергенных процессов и коры выветривания месторождения были изложены в ряде публикаций [Риндзюнская, 2005; Щегольков, 2007, 2010; Зубова, 2008].

Низкая «зрелость» КВ подтверждается большим количеством обломочной фракции (30 – 60 %), составом глинистой фракции — среди глинистых минералов преобладают слабо гидратированные слюды, присутствуют полуокисленные и неокисленные сульфиды, полевые шпаты слабо глинизированы, золото неглубоко преобразовано. Глинистые минералы, характерные для зрелых КВ, практически отсутствуют.

В вертикальном разрезе профиль КВ составляет в среднем 9,0 м. Нижний горизонт представлен зеленовато-бежевым слабоохристым глинисто-дресвяно-песчаным материалом. Вверх по разрезу увеличивается интенсивность лимонитизации и степень дезинтеграции, с преобладанием глинистой составляющей. Верхние горизонты — охристо-песчано-глинистые, светло-рыжего цвета с прослоями и гнездами красно-рыжего и лимонно-желтого цветов. И в нижних и в верхних горизонтах преобладают остаточные минералы: полевые шпаты, кварц, много хлорита, амфибола. В верхних, наиболее лимонитизированных горизонтах увеличивается количество гетита. Таким образом, преобразования по разрезу КВ не высокие и связаны преимущественно с физическим выветриванием. По аналитическим данным, существует тенденция снижения содержаний золота с повышением дезинтеграции пород в верхних горизонтах КВ.

Вещественная составляющая коры выветривания по простиранию золоторудных зон резко изменчива по своему литологическому и минеральному составу, что зависит от изменчивости литотипов рудовмещающих первичных горных пород, неоднородного состава метасоматитов, количества и состава сульфидов, магнетита и других рудных минералов, степени их окисления.

Эти изменения проявляются в полосчатом чередовании рыхлого существенно глинистого материала КВ желтого, ярко-рыжего, серовато-зеленого и буровато-коричневого цветов. Песчано-глинистый материал включает обломки и дресву пород, состав и количество которых, а также различная степень выветрелости изменчивы на разных участках месторождения. Часто обломочный материал покрыт железистыми пленками или порошкообразными охрами. Резко изменчивы соотношения тяжелой, легкой и глинистой фракций.

Кора выветривания по золото-сульфидно-кварцевым прожилково-вкрапленным и золото-кварцевым жильным рудам характеризуется преобладанием в обломочной фракции в разной степени интенсивно выветрелых и лимонитизированных (хлорит)-кварц-серицитовых, реже кварц-полевошпат-слюдистых метасоматитов с тонкой вкрапленностью окисленных сульфидов (до 80 % обломков содержат неравномерную вкрапленность окисленных и полуокисленных сульфидов и гидроксидов железа) и многочисленных обломков лимонитизированного кварца зачастую с пустотами выщелачивания заполненными охрами гидроксидов железа (Таблица 3.18).

Учитывая достаточно бедную минерализацию зон «березитов», выход тяжелой фракции КВ по этим метасоматитам низкий — 1–5 %. Состоит она в основном, из гидроксидов железа, единичных знаков магнетита, ильменита, окисленного пирита и халькопирита, доломита, амфибола, эпидота, циркона, граната, рутила. Наряду с полуокисленными и окисленными сульфидами в тонких классах встречаются пылевидные неокисленные халькопирит и пирит.

Количество глинистой фракции в КВ по рассматриваемому типу руд разное, что определяется первоначальной крепостью пород насыщенных сульфидами и степенью их гипергенных изменений в КВ. Так в нижних горизонтах зоны гипергенеза по зонам метасоматитов на долю глинистого класса приходится около 4 %, в составе ее преобладают серицит, смектит, хлорит, присутствует ярозит. В зоне дезинтеграции по кварцевым жилам глинистой фракции содержится до 5 %, состоит она из серицита и пылевидного кварца.

По сравнению с содержанием золота в менее глинизированных разностях, которое составляет немного более 1 г/т, в глинах с кварцевыми обломками содержание золота составляет до 6 г/т. Такие участки КВ отличаются наибольшей зрелостью и, возможно, укрупнением золота, здесь обнаружено наиболее крупные его зерна 0,15 – 0,5 мм, а в шлиховой пробе выявлено 27 знаков золота, что не характерно для менее глинизированных разностей.

Общее содержание золота в коре выветривания по зонам метасоматитов составляет 1,14 г/т, что близко средним содержаниям в первичных рудах золото-сульфидно-кварцевого типа, вместе с тем в отдельных фракциях содержания выше в несколько раз. Так в магнетите из слабо глинизированных проб его количество составляет 11,52 г/т, в плотных темно-коричневых гидроксидах железа (псевдоморфозы по сульфидам) — 17,18 г/т, в землистых агрегатах гидроксидов железа — 14,2 г/т, в глинистой фракции от 4,98 до 10,61 г/т. В существенно глинистой коре, в отличие от других проб, в глинистом классе содержания золота не высокие — до 2,37 г/т, также ниже содержания золота в гидроксидах железа — 5,82 г/т (Таблица 3.19), что указывает на преобладание более крупного свободного золота.

Таблица 3.18 — Минеральный состав и распределение золота в пробах из коры выветривания месторождения Новогоднее Монто (по материалам исследований автора и Т.П. Зубовой [Риндзюнская, 2004ф])

| Номер пробы / минеральный состав                            |                                     | Н-1        | Н-2   | Л-15  | Л-24 | Л-24 (2) | Л-25 | К-205 |
|-------------------------------------------------------------|-------------------------------------|------------|-------|-------|------|----------|------|-------|
| содержание золота в пробе, г/г                              |                                     | 15,8       | 28,6  | 1,14  | 5,8  | 1,14     | 3,2  | 0,04  |
| кол-во гравит. извлеч. золота, зн. (через дробь – из шлиха) |                                     | 2/19       | 0/3   | 0/15  | 1/27 | —        | —    | —     |
| количество легкой фракции, %                                |                                     | 82         | 76    | 94    | 33   | 90       | 56   | 89    |
| состав, %                                                   | кварц                               | 50         | 50    | 4     | 100  | 11       | 75   | 100   |
|                                                             | скарны                              | 50         | 50    | 80    | —    | 75       | —    | —     |
|                                                             | серпичит-кварцевые                  | —          | —     | —     | —    | 14       | 20   | —     |
|                                                             | лимонитизированные                  | —          | —     | 16    | —    | —        | 5    | —     |
| количество тяжелой фракции, %                               |                                     | сл         | 1     | 1     | 3    | 5        | 10   | 4     |
| состав, %                                                   | магнетит                            | —          | сл    | —     | —    | сл       | сл   | 2     |
|                                                             | оксиды железа                       | 71         | 14    | 100   | 74   | 86       | 58   | —     |
|                                                             | оксиды марганца                     | —          | —     | —     | —    | —        | —    | —     |
|                                                             | окисленный пирит                    | 1          | 4     | —     | —    | —        | —    | —     |
|                                                             | окисленный халькопирит              | 13         | 17    | —     | —    | —        | —    | —     |
|                                                             | породообр.(гранат, амфибол, эпидот) | 8          | —     | —     | 4    | 5        | —    | 50    |
| распределение содержания золота в монофракциях, г/г         | аксессуары (апатит, рутил, пиркон)  | —          | —     | сл    | ед   | ед       | сл   | 16    |
|                                                             | магнетит                            | 3,07       | 1,43  | 11,52 | —    | —        | —    | —     |
|                                                             | полуокисленный пирит                | 19,56      | 5,12  | —     | —    | —        | —    | —     |
|                                                             | гидрокс. железа плотные             | 71,72      | 25,25 | 17,18 | —    | —        | —    | —     |
| гидрокс. железа землистые                                   |                                     | 200,9/99,4 | 72,72 | —     | 5,82 | 14,2     | —    | —     |
| количество глинистой фракции, %                             |                                     | 18         | 22    | 4     | 54   | 5        | 34   | 7     |
| содержание золота в глинистой фракции, г/г                  |                                     | 49,26      | 56,86 | 4,98  | 2,37 | 10,61    | 7,42 | 0,83  |
| состав, %                                                   | биотит                              | —          | —     | —     | —    | —        | —    | 5     |
|                                                             | серпичит                            | 30         | 50    | 10    | 80   | 30       | 20   | —     |
|                                                             | хлорит                              | 10         | 25    | 45    | —    | сл       | —    | 20    |
|                                                             | ярозит                              | 50         | 25    | сл    | 10   | —        | 30   | —     |
|                                                             | сметит                              | 10         | сл    | 45    | сл   | —        | 20   | 20    |
|                                                             | кварц                               | —          | —     | —     | 5    | 70       | 30   | 30    |
|                                                             | гидрооксиды железа и марганца       | —          | —     | —     | 5    | —        | —    | —     |
|                                                             | полевой шпат                        | сл         | сл    | сл    | сл   | —        | —    | 20    |



Таблица 3.19 — Распределение содержаний золота в минералах коры выветривания по золото-сульфидно-кварцевым рудам месторождения Новогоднее-Монто (по материалам исследований автора [Риндзюнская, 2004ф])

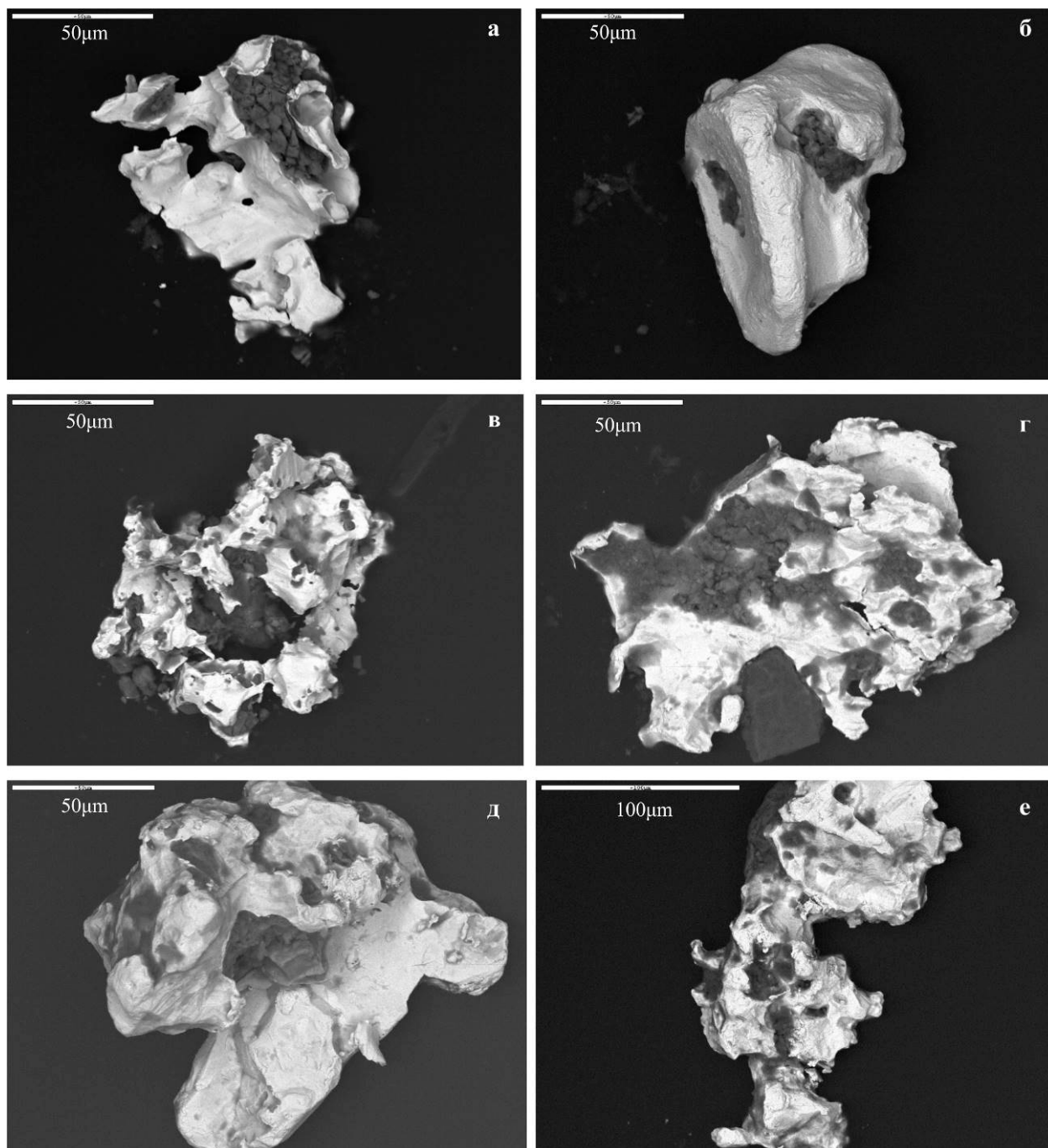
| минералы                     | номер пробы / содержание золота в пробе, г/т |            |             |            |                |
|------------------------------|----------------------------------------------|------------|-------------|------------|----------------|
|                              | Н-1 / 15,8                                   | Н-2 / 28,6 | Л-15 / 1,14 | Л-24 / 5,8 | Л-24(2) / 1,14 |
| магнетит                     | 3,07                                         | 1,43       | 11,52       |            |                |
| полуокисленный пирит         | 19,56                                        | 5,12       |             |            |                |
| гидрооксиды железа плотные   | 71,72                                        | 25,25      | 17,18       |            |                |
| гидрооксиды железа землистые | 99,36–200,9                                  | 72,72      |             | 5,82       | 14,2           |
| глинистая фракция            | 49,26                                        | 56,86      | 4,98        | 2,37       | 10,61          |

Накопление золота в гидроксидах железа является показателем активности проявлений в КВ инфильтрационных процессов [Риндзюнская, 2005]. Высокие содержания золота в глинистой фракции и ассоциации золота с тонкими классами гипергенных минералов свидетельствуют о значительности участия тонкодисперсного золота в рудах месторождения Новогоднее-Монто. Высокие содержания золота в землистых охристых агрегатах гидроксидов железа и глинистой фракции свидетельствуют также о том, что золото присутствует в свободной форме. Это подтверждается и присутствием мелкого, но гравитационного золота в шлиховых пробах.

Свободное золото в коре выветривания по серицит-кварцевым метасоматитам с жилами и прожилками кварца достаточно разнообразно по морфологии и пробности.

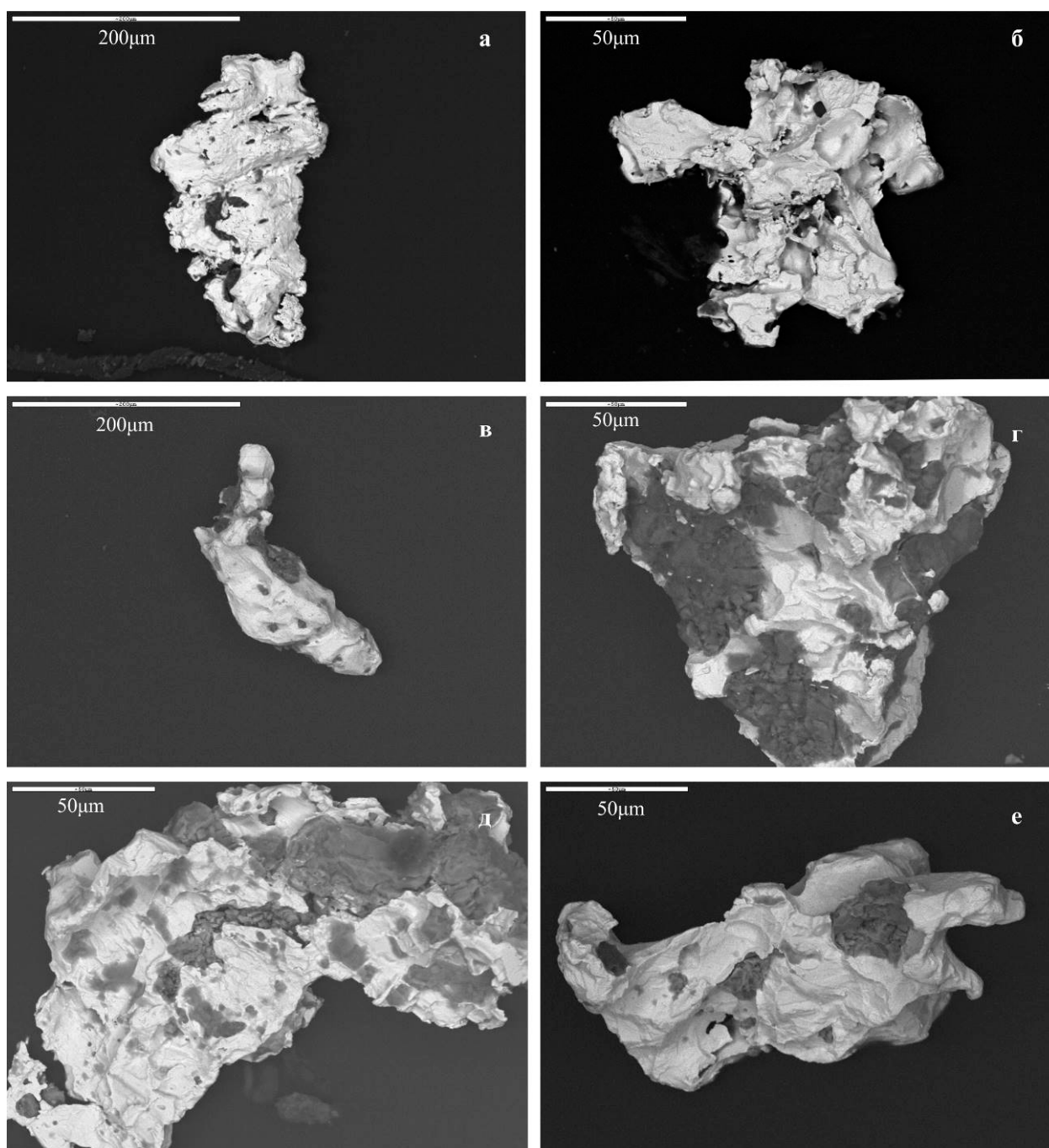
Для золотин характерны пластинчатые формы с ячеистой поверхностью, интерстициальные, гемиидиоморфные зерна, иногда искаженные ромбоэдры, сростки кристаллов, иногда губчатая рыхлая текстура. Поверхности выступов часто округлены, что может быть связано с процессами растворения. На поверхности отдельных зерен видны признаки выщелачивания, зародышевые коррозионные оболочки, часто присутствуют примазки гидрооксидов железа и слюдистых минералов. Морфология золота из коры выветривания месторождения представлено на микрофотографиях (Рисунок 3.37, Рисунок 3.38).

Пробность золотин различается в широких пределах — от 610 до 960 (единичное зерно с пробностью 500 в центральной части), что говорит о присутствии в КВ золота различных генераций — от высокопробного, образованного на ранних стадиях рудообразования до низкопробного, отлагающегося в составе золото-сульфидно-кварцевого или золото-теллуридного комплекса на завершающих стадиях рудного процесса. Преобладают зерна пробностью 710 – 870. Основной примесью в золоте является серебро, содержания которого колеблются от 10 – 12 % до 28 %, в незначительных количествах присутствуют примеси железа, никеля, меди, цинка (в среднем 0,3 – 0,5 %) (Рисунок 3.39).



а) пластинчатые выделения золота с участками губчатой и ступенчатой поверхности, включениями гидроксидов железа (ШХ-4); б) сросток изометричного и удлинённого кристаллов со ступенчатыми скульптурами роста, включениями лимонитизированного нерудного минерала (ШХ-4); в) комковидное выделение золота с ячеистой поверхностью и небольшими участками ступенчатых скульптур, в углублениях гидроксиды железа (ШХ-3а); г) пластинчатое выделение золота с тонкогубчатой поверхностью и включениями лимонитизированных глинистых минералов и гидроксидов железа (Н-5а); д) гемидиоморфное выделение золота с участками ступенчатых скульптур роста и включениями гидроксидов железа (Н-3); е) губчатое выделение золота с занозистой и бугорчатой поверхностью, редкими скульптурами роста и призмами глинистых минералов (Н-5а)

Рисунок 3.37 — Морфология золота из коры выветривания месторождения Новогоднее-Монто, зона «Разведочная» (фото растрового электронного микроскопа) [Риндзюнская, 2004ф]



а) пластинчатое выделение золота с неровной поверхностью и глубокими отпечатками в виде поперечных борозд, небольшие включения нерудных минералов (Л-24); б) сросток плоских кристаллов золота со скульптурами роста и примазками нерудных минералов в углублениях (Л-24); в) сросток изометричного и удлинённого кристаллов золота со скульптурами роста и включениями гидроксидов железа (Л-24); г) комковидное выделение золота с губчатой и бугорчатой поверхностью, отдельными скульптурами роста и включениями гидроксидов железа (Л-24); д) пластинчатое выделение золота с губчатой поверхностью, в основном, за счёт ступенчатых скульптур роста, включения гидроксидов железа и нерудных минералов (Н-1); е) гемидиоморфное выделение золота дендровидного габитуса со ступенчатыми скульптурами роста и включениями гидроксидов железа (Н-1)

Рисунок 3.38 — Морфология золота из коры выветривания месторождения Новогоднее-Монто, зона «Центральная» (фото растрового электронного микроскопа) [Риндзюнская, 2004ф]

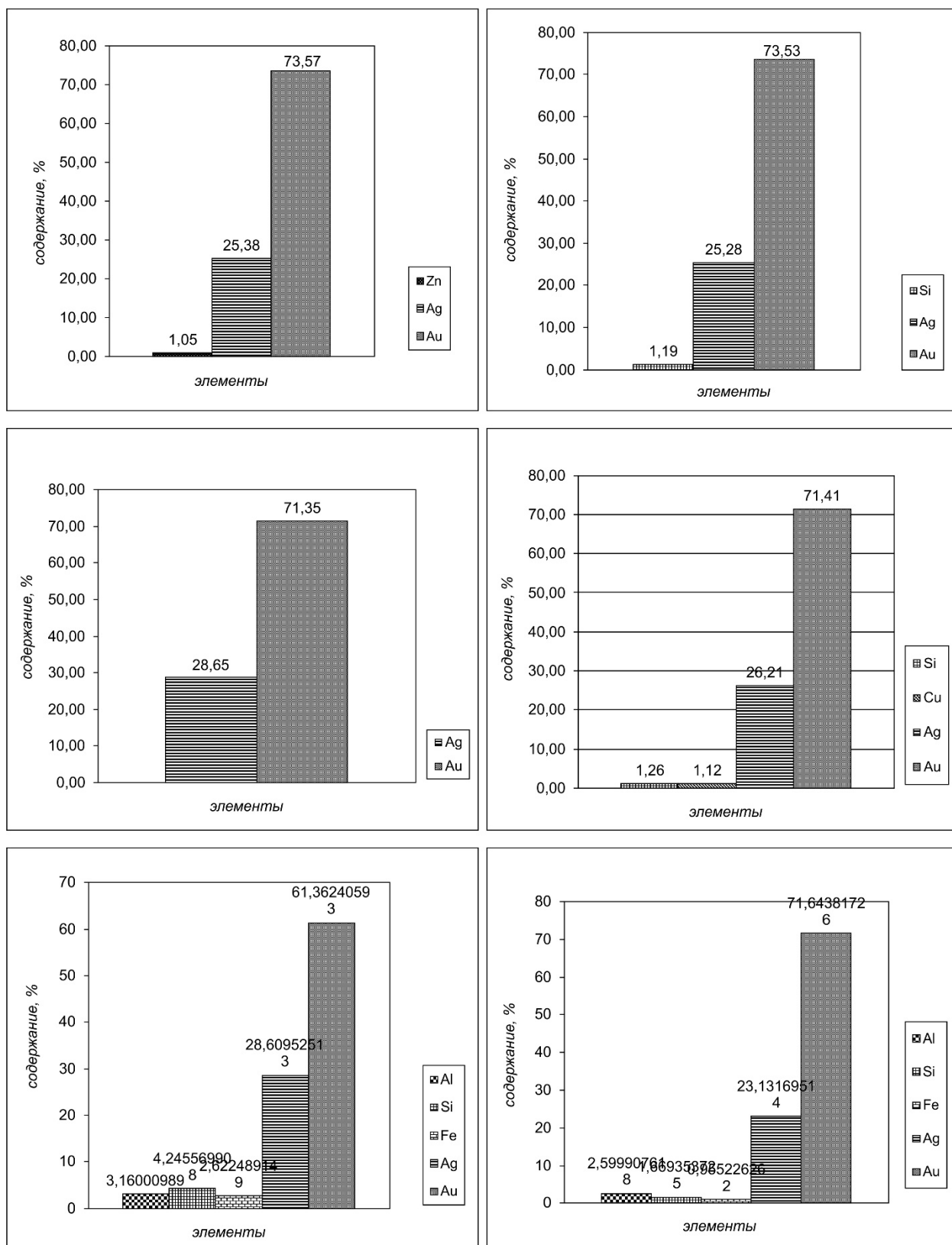


Рисунок 3.39 — Пробность золота из коры выветривания по зонам «березитизации» месторождения Новогоднее-Монто (по результатам микрозондового анализа) [Риндзюнская, 2004ф]

Кора выветривания по магнетитсодержащим эпидот-гранатовым скарнам, в связи с отсутствием поверхностных горных выработок в пределах участка локализации основной рудной залежи, изучена в пределах выходов скарнов залежи «Скарновая» на ее северном фланге в области сочленения с зонами «березитов». Здесь КВ представлена щебнисто-дресвяной зоной дезинтеграции — сильно трещиноватым, лимонитизированным, частично мартитизированным магнетитом с пленками медной зелени, образованной по халькопириту. В данной КВ резко преобладает тяжелая фракция — 98 %: основными минералами являются магнетит — 32 %, гранат — 25 %, эпидот — 15 %, амфибол — 14 %, гидрооксиды железа — 5 %, присутствует частично окисленный и неокисленный пирит. Минеральный состав соответствует горизонту дезинтеграции с начальной степенью окисления рудных минералов. Свободное золото — мелкое  $0,1\text{п} \times 0,1\text{п} \times 0,2 - 0,3$  мм, пластинчатой формы. Несмотря на внешнее сходство, отличаются по пробности — от 500 до 960, что указывает на присутствие нескольких его генераций.

На поверхности низкопробных золотин часто образуется тонкая прерывистая оболочка более высокой пробности, по сравнению с центральной частью зерна: на низкопробном золоте с пробой 500 в центре зерна, она возросла до 840 на периферии, у других золотин в поверхностном слое пробность увеличивается до 960 – 990. Кроме того, интенсивность окислительных процессов подчеркивается появлением «оксидов» золота [Щегольков, 2007] на поверхности первичных золотин.

\* \* \*

Проведенные исследования коры выветривания месторождения Новогоднее-Монто показали, что важнейшими концентраторами золота в коре являются гипергенные образования: землистые гидроксиды железа (72,7 – 201 г/т, при общем содержании 15,8 – 28,6 г/т), плотные гидроксиды железа (17,18 – 71,7 г/т) и минералы глинистой фракции (49 – 57 г/т). В остаточных же рудных минералах золота содержится меньше — в полуокисленном пирите 5,12 – 19,5 г/т, в магнетите 1,43 – 11,5 г/т. Это может свидетельствовать о повышении концентраций золота в корах выветривания. Вместе с тем, основная часть золота (84,6 %) мелкое — преобладает размер 0,05 – 0,1 мм до микронного (0,001 мм) и высвобождается из обломков и сростков в классе крупности 0,5 – 0,09 мм и 0,09 – 0,02 мм. Присутствие большого количества тонкого и тонкодисперсного золота подтверждается высокими его содержаниями (по данным аналитики), в глинистой фракции и землистых агрегатах гидроксидов железа. Преобладание в коре выветривания мелкого, тонкого и тонкодисперсного золота исключает возможность ее промышленного освоения с использованием селективной выемки с применением гравитационных россыпных методов извлечения золота, что следует учитывать при оценке перспектив золотоносных кор выветривания на сходных объектах, которые могут быть выявлены в других частях Малоуральского ВПП.



### 3.6. Геохимические и геофизические особенности месторождения Новогоднее-Монто

Отдельно стоит остановиться на геохимических и геофизических характеристиках, установленных на месторождении Новогоднее-Монто, являющиеся одними из важнейших элементов прогнозно-поисковой модели, а часто и главными при прогнозных и поисковых работах на закрытых территориях. Геохимические и геофизические методы находят широкое применение на всех стадиях геологоразведочных работ — от рекогносцировочно-поисковых до детализационных на локальных участках. Эти методы зарекомендовали себя как высокоэффективные в самых разнообразных условиях ведения поисков, позволяют в общих чертах определить границы рудных полей и поисковых участков с месторождениями различных рудно-формационных типов.

Поскольку автор ограниченно занимался исследованием первичных и вторичных геохимических ореолов месторождения Новогоднее-Монто и непосредственно не участвовал в работах геофизической направленности, в настоящем разделе наряду с результатами собственных исследований использованы обобщенные результаты работ, выполненных специалистами сторонних организаций: ФГБУ «ИМГРЭ» (изучение вторичных геохимических ореолов рассеяния), Бронницкой ГГЭ (изучение первичных ореолов), ОАО «СУГРЭ» (геофизические работы).

#### 3.6.1. Вторичные геохимические ореолы месторождения Новогоднее-Монто

Учитывая, что на момент начала научно-исследовательских работ на объекте (1998 – 1999 г.г.), северная часть месторождения Новогоднее-Монто, в области распространения золотоносных зон «березитов», была уже вскрыта карьером-расчисткой, а в его южной (скарновой) части располагались жилые и технологические постройки, что, несомненно, привело к техногенным изменениям поверхностного элювиально-делювиального покрова, изучение «в чистом виде» вторичных геохимических ореолов рассеяния (ВОР), сформированных над месторождением, не представлялось возможным.

Тем не менее, автором совместно с Б.С. Зеликсоном, до начала оценочных работ, был проведен ограниченный объем исследований ВОР в пределах месторождения и его периферии. В дополнение к этому автором была проведена переинтерпретация ретроспективных геохимических данных ОАО «ПУГТП» (1992 – 93 г.г.) м-ба 1:5 000, полученных до проходки в пределах месторождения горных выработок (в том числе, в ЦНИГРИ проведены повторные определения золота ретроспективных геохимических проб — более 100 навесок из дубликатов), и увязка полученных данных между собой [Волчков, 2001ф].

В результате выполненных исследований (при отсутствии аналитических данных по мышьяку и ртути), на площади месторождения выделены ВОР золота, серебра, меди, молибдена и свинца (Рисунок 3.40).

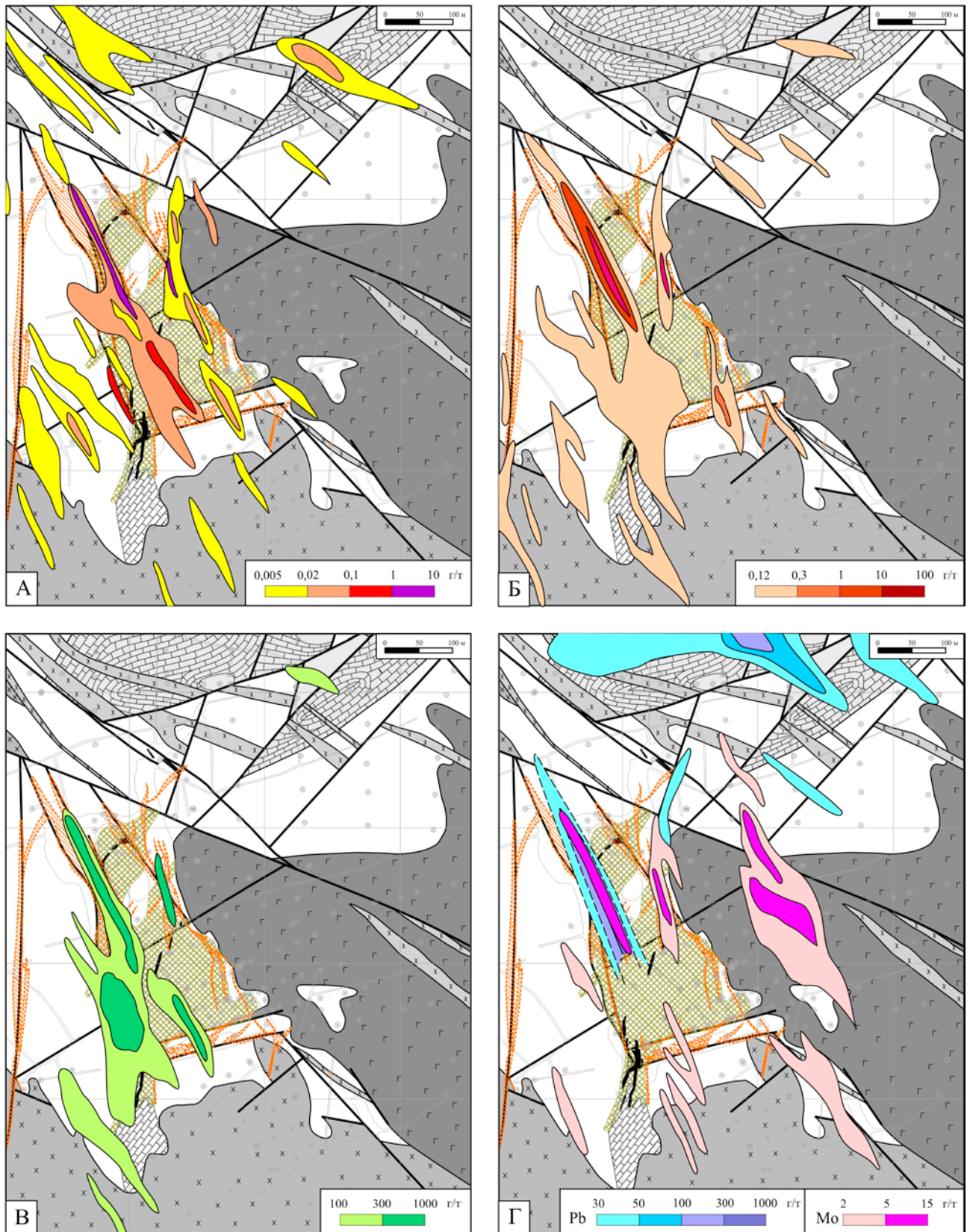


Рисунок 3.40 — Вторичные геохимические ореолы золота (А), серебра (Б), меди (В), свинца и молибдена (Г) месторождения Новогоднее-Монто (по материалам исследований автора [Волчков, 2001ф] и первичным геохимическим материалам ОАО «ПУГГП»)

На месторождении Новогоднее-Монто золото образует ВОР преимущественно линейно-вытянутой формы, ориентированные в север-северо-западном направлении согласно простиранию зон «березитов» (Рисунок 3.40 А). Поля высоких (0,03 – 0,1 г/т) концентраций золота, заключающие в себе единичные локальные максимумы (0,3 – 1 г/т) наиболее широко проявлены в южной части месторождения, где приурочены (иногда со смещением) к выходам на дневную поверхность золотоносных скарнов. Протяженность ореола составляет 400 м при ширине 50 – 60 м.

Следует отметить, что максимальные концентрации золота и других элементов-индикаторов в северной части ореола (вдоль рудной зоны «Центральная») оконтурена по результатам геохимического опробования расчищенной части месторождения, в то время как с поверхности (по ретроспективным пробам) она фиксируется лишь единичными точками низкоаномальных содержаний.

На северной периферии месторождения, как это видно на рисунке (см. Рисунок 3.40 А), низкоаномальные ореолы золота имеют иное направление и приурочены к приконтактовым частям пострудных даек монцодиорит-порфиритов и диабазов, что может указывать на концентрации золота в приконтактовых частях этих даек при их пересечении минерализованных золотоносных пород.

Поля аномальных концентраций серебра (Рисунок 3.40 Б) практически полностью совпадают с ореолами золота, однако контрастность их значительно ниже. Так, содержания серебра в ореолах колеблются от 0,12 до 0,5 г/т при фоновом значении 0,1 г/т. Наблюдается также резкое снижение содержаний этого элемента в ореолах по сравнению с таковыми в первичных рудах.

ВОР меди характерны для западной части области распространения скарнов. Здесь отчетливо наблюдается смещение области высокоаномальных концентраций меди относительно наиболее богатой части ореола золота (Рисунок 3.40 В).

Поля аномальных концентраций свинца характерны только для линейных зон «березитов» северной части месторождения, особенно контрастен ореол вдоль зоны «Центральная» (Рисунок 3.40 Г). Кроме того, повышенные концентрации свинца характерны для известняков тоупугольегартской толщи (крупный ореол к северу от месторождения).

В отличие от охарактеризованных выше аномальных геохимических полей, фиксирующих площадь развития оруденения, ореолы молибдена главным образом распространены на восточном фланге месторождения вне ореолов золота и других перечисленных элементов индикаторов (Рисунок 3.40 Г). Кроме того, узкие ореолы молибдена отвечают линейным зонам «березитов».

В результате, на площади месторождения Новогоднее-Монто были установлены различные по контрастности ВОР золота, серебра, меди, свинца, фиксирующие главным образом зо-

лото-сульфидно-магнетитовые рудные тела. Зоны метасоматитов с золото-сульфидно-кварцевым оруденением контрастно отражаются только в пробах отобранных из расчищенной части месторождения, то есть фактически — первичными ореолами. Для флангов золото-магнетитовых тел и для зон метасоматитов характерны ореолы молибдена.

В контуре золотого ореола установлена значимая положительная корреляционная связь золота с медью. Близки к критическим значениям положительные коэффициенты корреляции золота с взаимосвязанными между собой серебром и свинцом и отрицательный с хромом. Значимые отрицательные коэффициенты также фиксируются у хрома с медью и свинцом. Активно образует корреляционные связи кобальт, коррелирующий с медью, молибденом и свинцом (Таблица 3.20).

Таблица 3.20 — Матрица корреляционных связей в контуре вторичного ореола рассеяния золота месторождения Новгоднее-Монто (по материалам исследований автора [Волчков, 2001ф])

|    | Au           | Ag          | Mo          | Cu           | Pb           | Cr   | Co   |
|----|--------------|-------------|-------------|--------------|--------------|------|------|
| Au | 1            |             |             |              |              |      |      |
| Ag | 0,17         | 1,00        |             |              |              |      |      |
| Mo | 0,10         | 0,07        | 1,00        |              |              |      |      |
| Cu | <b>0,53</b>  | 0,02        | <b>0,33</b> | 1,00         |              |      |      |
| Pb | 0,25         | <b>0,37</b> | <b>0,38</b> | <b>0,31</b>  | 1,00         |      |      |
| Cr | <b>-0,28</b> | -0,10       | 0,02        | <b>-0,46</b> | <b>-0,43</b> | 1,00 |      |
| Co | 0,19         | 0,04        | <b>0,76</b> | <b>0,48</b>  | <b>0,32</b>  | 0,02 | 1,00 |

Таким образом, в контуре ореола золота выделяется связанная с ним положительными коэффициентами корреляций Cu–Pb–Ag–Mo–Co ассоциация. Выявленные взаимозависимости находят свое отражение в поперечной структуре аномального геохимического поля. На графиках, характеризующих распределение элементов в наиболее продуктивной южной части аномалии, отчетливо выражено полное совпадение максимумов концентрации меди, серебра, молибдена и свинца с ореолами золота при минимальных содержаниях хрома (Рисунок 3.41). Несколько отличается характер распределения элементов в менее продуктивной, центральной части ореола, где наблюдается разобщение максимумов концентрации золота и меди, а ореолы молибдена занимают периферическое по отношению к ним положение. Наиболее надежно аномальные геохимические поля выделяются по значениям мультипликативного показателя  $K=Au \times Cu \times Ag \times Mo$ , контрастность которого достигает 4 – 5 математических порядков.

Позднее специалистами ИМГРЭ [Юшко, 2007ф] в целях получения новых геолого-геохимических данных по модельным объектам золото-скарнового и золото-сульфидно-кварцевого рудно-формационных типов, а также изучения возможностей и специфики проведения литохимических поисков в районах развития многолетней мерзлоты, на площади Новогодненского рудного поля были проведены опытно-методические литохимические поиски масштаба 1:50 000.



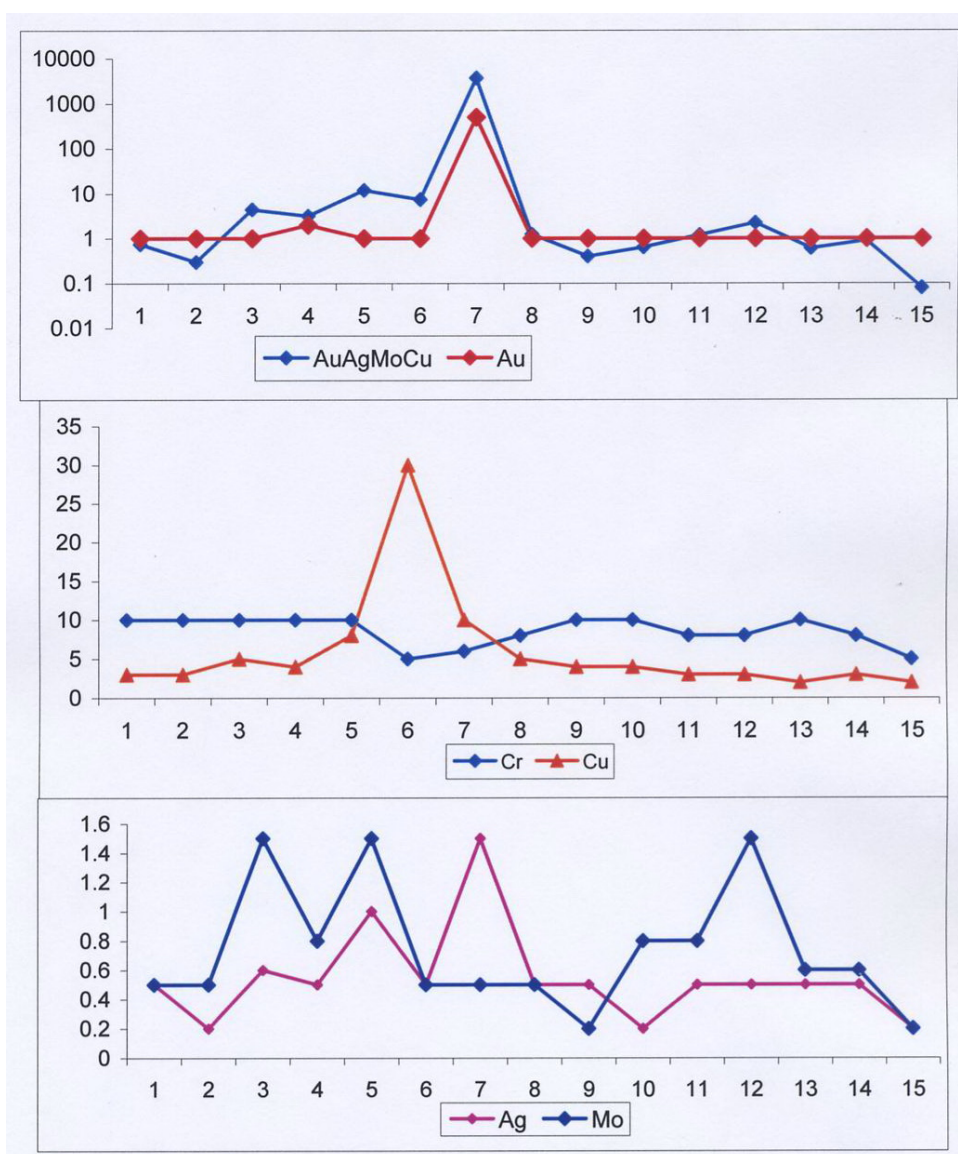


Рисунок 3.41 — Графики изменения содержаний элементов и значений мультипликативного показателя по профилю через центральную часть геохимического ореола месторождения Новогоднее-Монто (по материалам исследований автора [Волчков, 2001ф])

В результате проведенных геохимических исследований на площади Новогодненского рудного поля было установлено, что ВОР крайне тесно связаны с первичными ореолами, а в ряде случаев достаточно достоверно их повторяют. Были выявлены аномалии Au, Cu, Ag, Mo, Hg, Zn, Pb, B, W, распространение которых в пределах Новогодненского рудного поля было рассмотрено в главе 2 диссертации.

Этими работами был установлен спектр элементов в той или иной мере участвующих в процессе формирования золоторудной минерализации: Au, Cu, Mo, Ag, Zn, Pd, W, Hg, Co, Ni, Bi, B, Li, Sr, Ba, Mn. Корреляция между элементами, определяющаяся составом вмещающих пород характерна для Ti, Cr, V, Ga, Ge, P, Sc, Y, Yb, La, Zr, Nb.

Ранжированный ряд наиболее значимых коэффициентов концентрации элементов, выявленных специалистами ИМГРЭ во вторичных аномальных полях месторождения Новогоднее-



Монто, представлен следующими:  $\text{Au}_{9.8}$   $\text{Ag}_{1.99}$   $\text{Cu}_{1.877}$   $\text{W}_{1.65}$   $\text{Mo}_{1.395}$   $\text{Pb}_{1.306}$   $\text{Hg}_{1.254}$ , что несколько отличает его от ряда, установленного ими для месторождения Петропавловское, где доминируют Hg, Ag, Mo.

### 3.6.2. Первичные геохимические ореолы месторождения Новогоднее-Монто

Наиболее ранние результаты исследования первичных геохимических ореолов месторождения Новогоднее-Монто были опубликованы Е.В. Карелиной (РУДН) [Карелина, 2001, 2002 и др.]. Исследования были основаны на опробовании карьера-расчистки в северной части месторождения, которым были вскрыты несколько зон золотоносных «березитов». На том этапе изучения золотоносности скарнов уделялось незначительное внимание.

В результате упомянутых исследований было установлено, что наиболее значимые концентрации в первичных ореолах имеют Ag, Pb, Mo, Cu, Co, Zn, информации по ореолам золота не приводится. Все выявленные ореолы отвечали линейным зонам «березитов», для выходов скарнов в южной части расчистки отмечалось наличие ореолов Co и Zn. Е.В. Карелиной также было проведено опытное определение содержаний йода в геохимических ореолах, которое показало его концентрацию в тех же минерализованных зонах «березитов» (среднее содержание йода в ореоле составило  $2,5 \cdot 10^{-6} \%$ ) [Карелина, 2002<sup>1</sup>]. Таким образом, по итогам рассмотренных работ, в определенной мере были охарактеризованы первичные ореолы минерализованных зон с золото-сульфидно-кварцевым оруденением, а ореолы скарнов с золото-сульфидно-магнетитовыми рудами изучены практически не были.

Автором с коллегами (Б.С. Зеликсон, М.М. Гирфанов) более целенаправленно были изучены первичные ореолы золото-сульфидно-магнетитовых руд [Волчков, 2001ф]. Поскольку в то время месторождение было вскрыто лишь единичными скважинами, выборки по разным типам руд были небольшими, в связи с чем полученные результаты характеризовались, как предварительные и в настоящей работе автором не приводятся.

Наиболее полно характер первичных геохимических ореолов месторождения Новогоднее-Монто на глубину были изучены специалистами Бронницкой ГГЭ [Трофимов, 2004ф, Трофимов, 2004, 2006] уже при разведке месторождения.

По результатам исследований, выполненных Бронницкой ГГЭ, было установлено, что основными элементами-индикаторами золотого оруденения на месторождении является группа халькофильных элементов, представленная Au, Co, As, Cu, Mo, Pb, Zn, Ag. Золото, кобальт и медь образуют области концентраций промышленного значения, остальные элементы участвуют в процессе рудообразования, формируя первичные моноэлементные и комплексные ореолы вокруг них. Ореолы химических элементов на месторождении тесно связаны с рудными телами, составляя с ними единое целое, и сопровождают оруденение золото-сульфидно-магнетитового (Ag, Co,

As, Cu) и золото-сульфидно-кварцевого (Ag, Pb, Mo, As) типов. При этом в массивных золото-сульфидно-магнетитовых рудах (залежь «Магнетитовая») ярче всего проявлена связь золота с кобальтом и мышьяком, а в гнездово-вкрапленных (залежь «Скарновая») — с медью и серебром. В большинстве случаев из рудных зон выносятся: Sr, V, Ti, Y, Sc [Трофимов, 2004ф].

Характер первичных геохимических ореолов месторождения Новогоднее-Монто рассмотрен в настоящей работе на примере закономерностей их распространения по двум поперечным профилям — 22 и 14. Автором были переувязаны первичные материалы Бронницкой ГГЭ в соответствии со своими представлениями о геологическом строении месторождения, показанными на соответствующих разрезах (см. Рисунок 3.9, Рисунок 3.13).

Золото (Рисунок 3.42) в первичных ореолах месторождения характеризуется содержаниями от 0,001 г/т в вулканогенно-осадочных породах и неминерализованных скарнах до десятков и первых сотен г/т в рудных телах. Медианное значение содержания золота для месторождения в целом составляет 0,02 г/т.

Основной промышленный ореол золота в градации более 2 г/т сформирован в нижней части основной магнетитовой залежи месторождения (залежь «Магнетитовая») (Рисунок 3.42 Б). В поперечном разрезе 14 структура ореола по мощности имеет сложную асимметричную форму. Изменения градаций содержания золота в нижней части ореола более резкие, чем в верхней. Нижняя и верхняя части ореола осложнены ответвлениями более низких концентраций золота, которые зачастую приурочены к скарнам, а на флангах залежи — к секущим зонам «березитов». Протяженность основного ореола золота в разрезе 14 с запада на восток составляет более 300 м при его мощности в центральной части 60 – 70 м.

Ответвления ореола в низких (0,02 – 0,2 г/т) и средних (0,2 – 2 г/т) градациях более протяженные, выходят на поверхность месторождения и распространяются за пределы основного ореола на 100 – 150 м. К северу — к профилю 22 (Рисунок 3.42 А) ореол золота сужается в поперечнике до 100 м и менее, становится более «размазанным» и переходит в среднюю градацию. Протяженность ореола золота в продольном направлении тесно связана с протяженностью магнетитовых залежей и составляет с севера на юг порядка 330 м.

Морфология ореолов золота магнетитсодержащих скарнов на северо-западе месторождения (залежь «Скарновая»), также полностью повторяет их морфологию (Рисунок 3.42 А). Ореолы золота здесь менее широкие, чем у залежи «Магнетитовая», высокой и средней интенсивности. Оруденение золото-сульфидно-кварцевого типа в зонах метасоматитов («березитов») характеризуется узкими различной протяженности, высококонтрастными по своим градациям ореолами золота. В местах образования рудных столбов (пересечение метасоматических зон различных направлений) морфология ореолов более сложная, и, в связи с достаточно редкой сетью скважин в этой части месторождения, подробно не изучена.

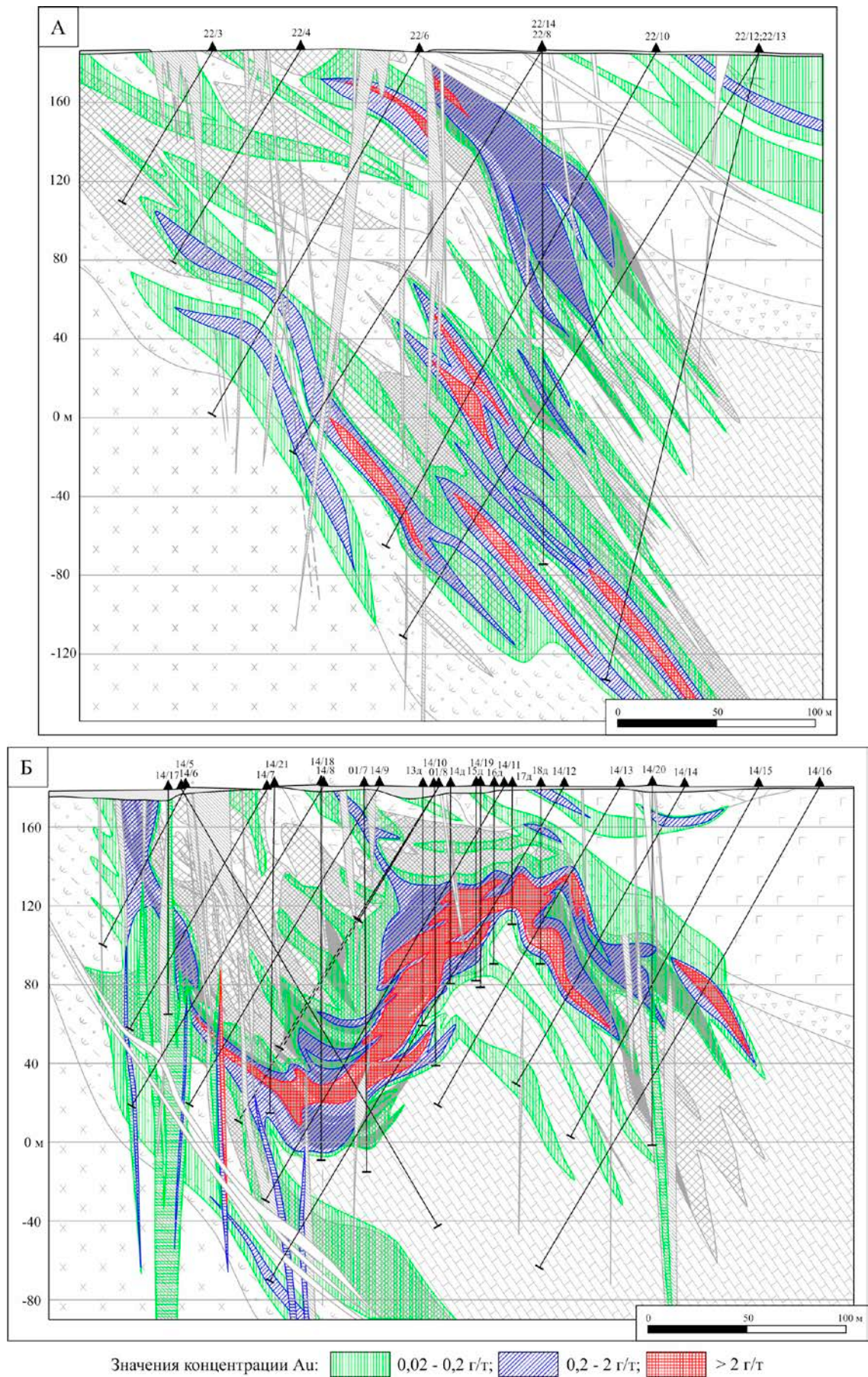


Рисунок 3.42 — Первичные геохимические ореолы золота месторождения Новогоднее-Монто по разведочным профилям 22 (А) и 14 (Б) (интерпретация автора первичных материалов Бронницкой ГГЭ [Трофимов, 2004ф])

Кобальт (Рисунок 3.43) имеет медианное содержание в первичных ореолах  $1 \cdot 10^{-3} \%$  (10 г/т); ореолы выделены с содержания 30 г/т. Наиболее контрастным является ореол, приуроченный к залежи «Магнетитовая», где содержания кобальта составляют от 30 до более 1000 г/т. Ореол приурочен к низам магнетитового тела и верхней части мраморов. Морфология и внутренняя структура ореола кобальта полностью повторяет морфологию ореола золота. Наиболее высокие содержания (более 500 г/т) находятся в контуре промышленных содержаний золота (более 2 г/т). Здесь кобальт и золото имеют самые высокие значения коэффициента ранговой корреляции. Указанные данные подтверждаются результатами аналитических исследований руд — среднее содержание Со для восточной части золоторудной залежи составляет 657 г/т и для центральной части — 1519 г/т. Коэффициент ранговой корреляции золота и кобальта составляет 0,913.

В надрудной части, в скарнах над магнетитовой залежью и в мраморах ореолы кобальта редки и имеют низкую концентрацию. Вместе с тем, ореолы кобальта низкой концентрации характерны для даек лампрофиров, подсеченных в подрудной части профиля 14. Ореолы кобальта в зонах «березитов» отсутствуют.

Мышьяк (Рисунок 3.44) образует наиболее интенсивный ореол в центральной нижней части залежи «Магнетитовая», здесь содержание мышьяка достигает более 1 %. В магнетитовой залеже морфология и внутренняя структура ореола полностью совпадает с ореолами золота и кобальта. На фланги интенсивность ореола мышьяка уменьшается, также, как и в западном и восточном направлениях. Ореолы мышьяка в магнетитсодержащих скарнах залежи «Скарновая» характеризуются меньшей протяженностью и интенсивностью ( $100 - 1000 \cdot 10^{-3} \%$ ), а в зонах «березитов» интенсивность ореолов мышьяка еще ниже ( $10 - 100 \cdot 10^{-3} \%$ ).

Медь (Рисунок 3.45) в первичных ореолах изменяется по содержаниям от  $0,3 \cdot 10^{-3} \%$  в мраморах до более  $1000 \cdot 10^{-3} \%$  в магнетитовых залежах и магнетитсодержащих скарнах. В мраморах и габбро-долеритах конгорского комплекса отмечаются единичные ореолы низкой градации ( $30 - 100 \cdot 10^{-3} \%$ ). Более интенсивные ореолы приурочены к фронтальным фланговым частям магнетитового рудного тела, при этом интенсивность растет в северном направлении при его выклинивании, и наиболее значительной интенсивностью характеризуются ореолы меди в магнетитсодержащих скарнах залежи «Скарновая». Здесь содержания меди иногда превышают 1 %. Кроме этого, ряд золотосодержащих зон «березитов», также отражаются низкими и средними значениями концентрации меди.

Молибден (Рисунок 3.46) изменяет содержания в диапазоне от 0,3 г/т в скарнах до 300 г/т в магнетитах. Интенсивные ореолы молибдена (более 50 г/т) приурочены к фронтальным частям магнетитового тела и к мраморам. В последних содержание молибдена достигает 200 г/т. Ореолы молибдена низкой (3 – 10 г/т) и средней (10 – 50 г/т) интенсивности сопровождают медную золотосодержащую минерализацию в ряде зон «березитов».



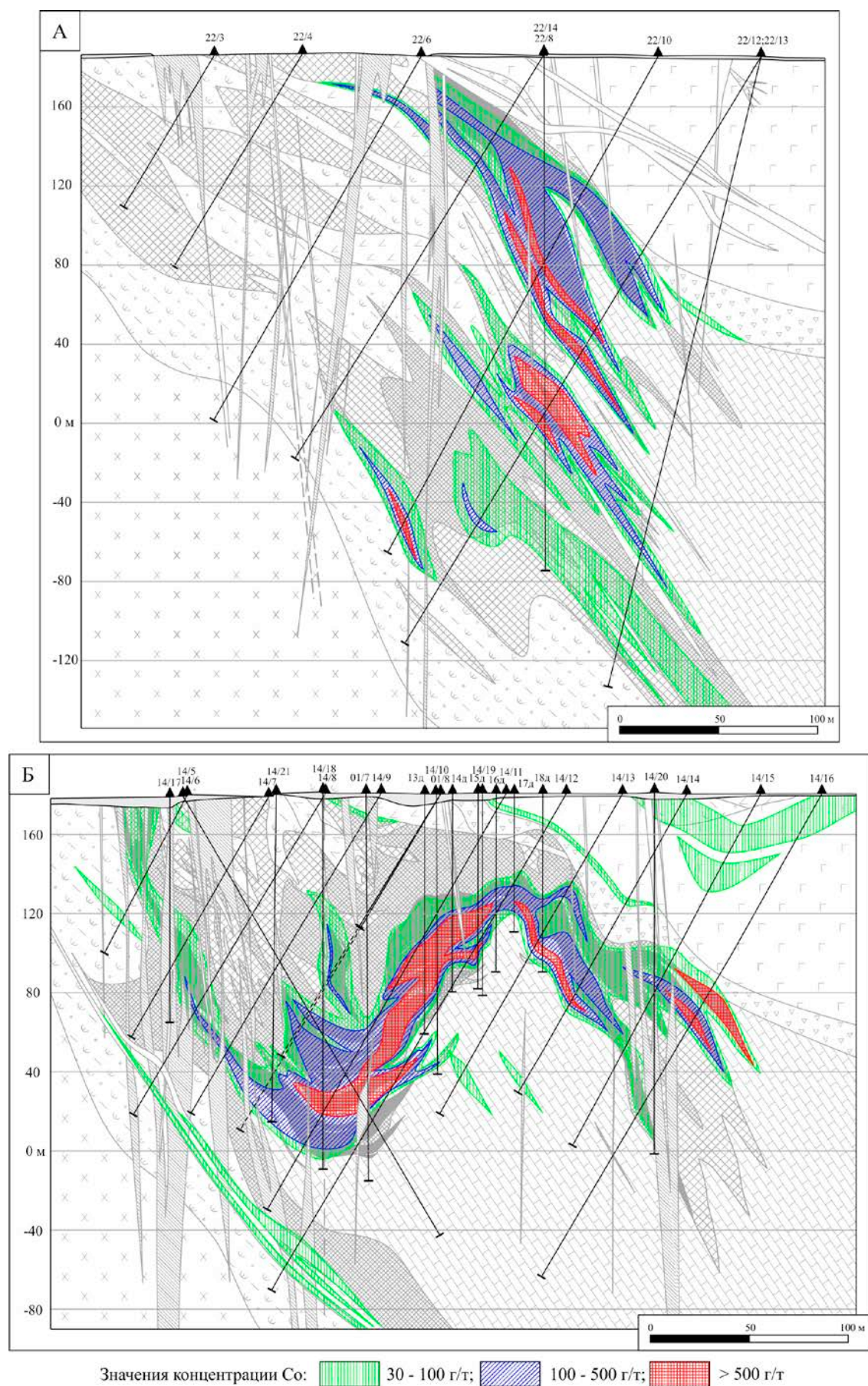


Рисунок 3.43 — Первичные геохимические ореолы кобальта месторождения Новогоднее-Монто по разведочным профилям 22 (А) и 14 (Б) (интерпретация автора первичных материалов Бронницкой ГГЭ [Трофимов, 2004ф])



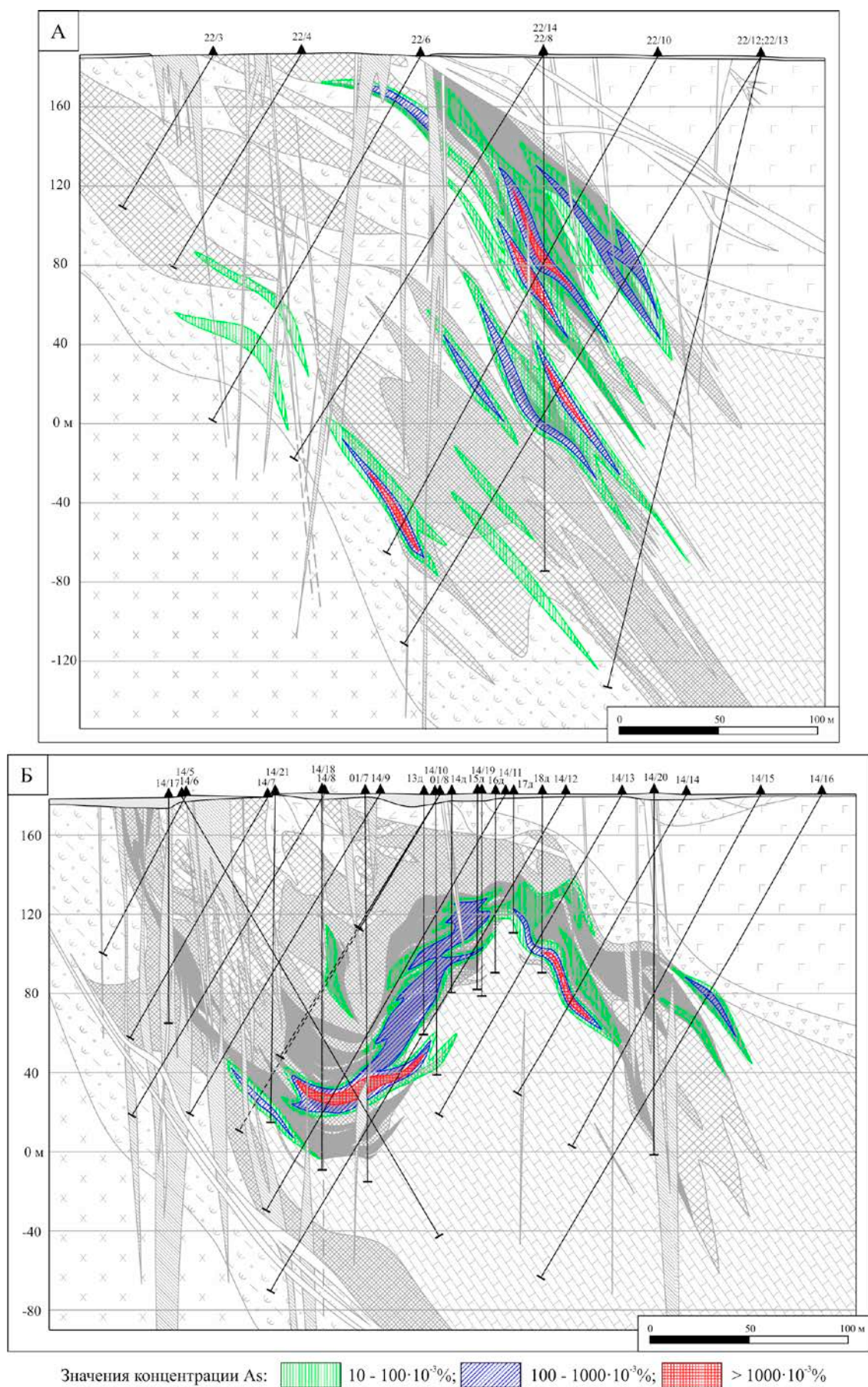


Рисунок 3.44 — Первичные геохимические ореолы мышьяка месторождения Новогоднее-Монто по разведочным профилям 22 (А) и 14 (Б) (интерпретация автора первичных материалов Бронницкой ГГЭ [Трофимов, 2004ф])



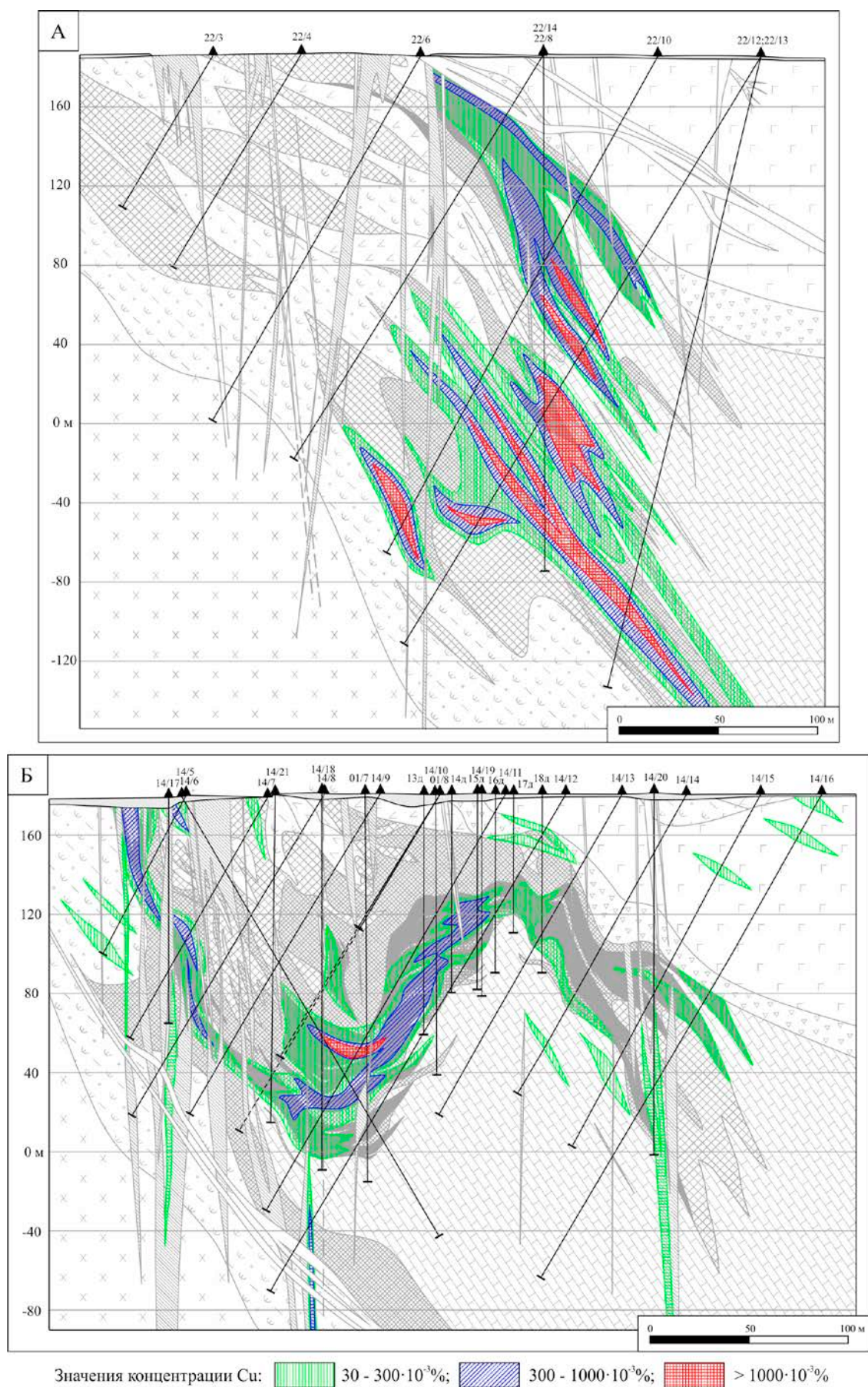


Рисунок 3.45 — Первичные геохимические ореолы меди месторождения Новогоднее-Монто по разведочным профилям 22 (А) и 14 (Б) (интерпретация автора первичных материалов Бронницкой ГГЭ [Трофимов, 2004ф])



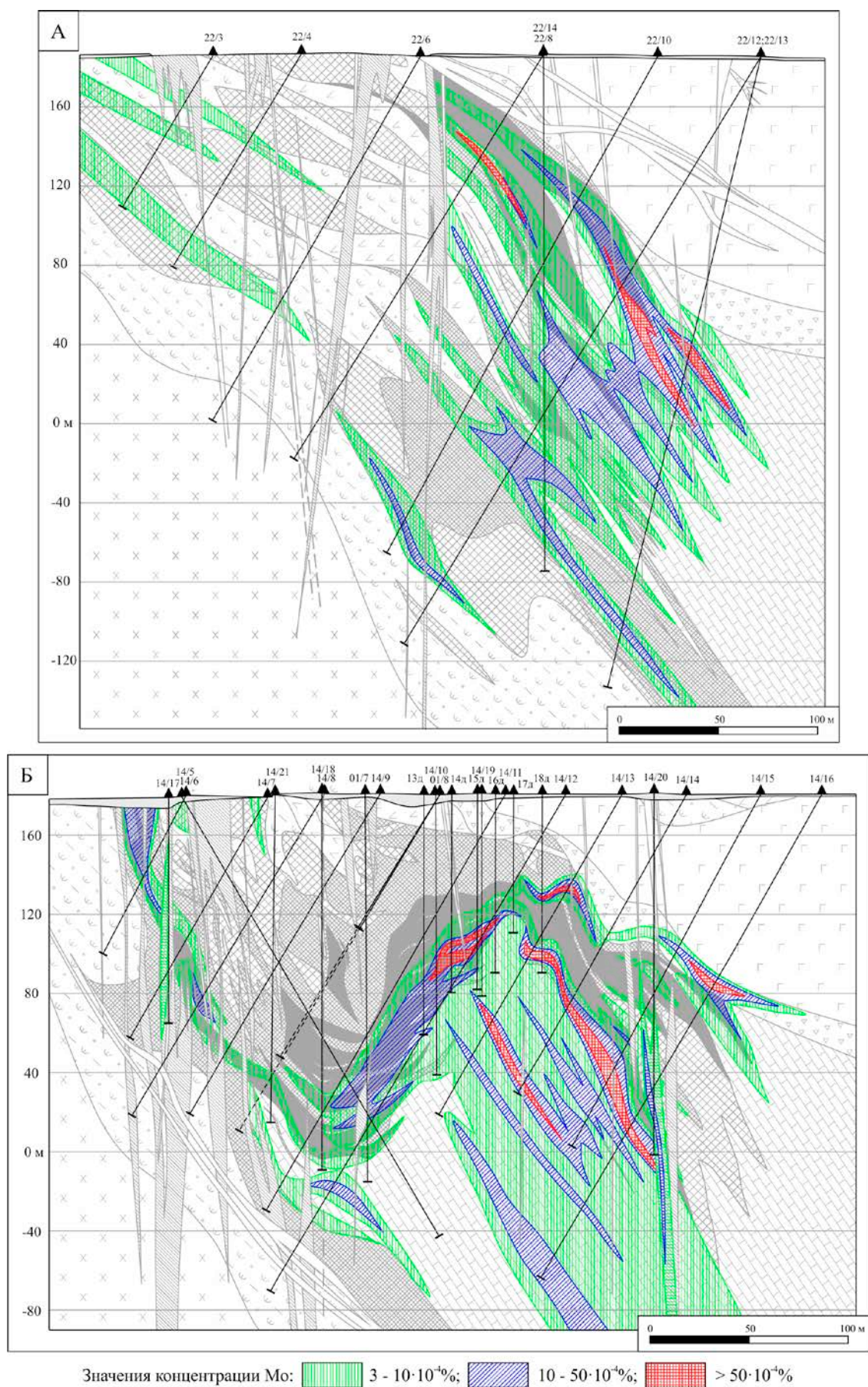


Рисунок 3.46 — Первичные геохимические ореолы молибдена месторождения Новогоднее-Монто по разведочным профилям 22 (А) и 14 (Б) (интерпретация автора первичных материалов Бронницкой ГГЭ [Трофимов, 2004ф])

Цинк (Рисунок 3.47) образует обширные слабоинтенсивные ореолы ( $20 - 50 \cdot 10^{-3} \%$ ) в средних частях магнетитовой залежи и на ее флангах. Менее проявлены среднеинтенсивные ореолы цинка в мраморах в ассоциации со свинцом и молибденом. В пределах залежи «Скарновая» ореолы цинка проявлены крайне локально.

Свинец (Рисунок 3.48) образует ореолы слабой интенсивности. В основной магнетитовой залежи содержания свинца изменяются от 0,3 до  $3 \cdot 10^{-3} \%$ , образует слабоконтрастные ореолы незначительной протяженности в ее нижней части на контакте с мраморами. В пределах залежи «Скарновая» слабоинтенсивные ореолы свинца также тяготеют к контактам с мраморами, а в гнездово-вкрапленных сульфидно-магнетитовых рудах практически отсутствуют. Ореолы свинца средней интенсивности распространены в мраморах, где проявлены в ассоциации с молибденом, цинком, серебром. Локальные ореолы свинца низкой ( $3 - 10 \cdot 10^{-3} \%$ ) и средней ( $10 - 50 \cdot 10^{-3} \%$ ) интенсивности характерны также для ряда зон золотосодержащих «березитов» и даек лампрофиров.

Серебро (Рисунок 3.49) в ореолах характеризуется содержаниями от 0,3 до первых граммов на тонну (редко до первых десятков). Более интенсивные ореолы приурочены к фронтальным и фланговым частям основной магнетитовой залежи. Ореолы серебра средней интенсивности (1 – 3 г/т) сопровождают золотое оруденение в магнетитсодержащих скарнах и в «березитах».

Ртуть на месторождении и прилегающей площади выявлена в небольшом количестве геохимических проб (40 проб) [Трофимов, 2004ф]. Содержания ртути изменяются от 0,01 до 0,8 г/т. Она образует ореолы в рудовмещающих породах с проявлением всех типов золотого оруденения. Самые высокие содержания ртути установлены на флангах и верхних горизонтах магнетитовой залежи в ассоциации с полисульфидной минерализацией и в местах проявления оруденения в зонах «березитов».

Характер первичных ореолов элементов-индикаторов позволил выделить специалистам Бронницкой ГГЭ ряды, характеризующие геохимическую зональность. Поперечная зональность относительно залежи «Магнетитовая», где концентрируются максимальные содержания золота, в западном и восточном направлениях выражается рядом: (Co, Au, As)–Cu–Zn–(Mo, Pb, Ag). Вертикальная зональность в направлении от подошвы магнетитовой залежи: (Co, Au, As)–Cu–Zn. Продольная зональность с юга на север имеет вид: (Co, Au, As)–Cu–Zn–(Mo, Pb, Ag).

Тем самым, относительно залежи «Магнетитовая» существует четкая концентрическая зональность в распределении элементов-индикаторов золотого оруденения. Состав полученных рядов зональности близок к единому ряду вертикальной зональности для высокотемпературных золоторудных месторождений [«Инструкция...», 1983]. Состав ряда вертикальной зональности золото-сульфидно-кварцевого типа оруденения (Co, W)–(Sn, Mo)–(Cu, As, Au)–Zn–(Pb, Ag) близок составу ряда зональности для среднетемпературных золоторудных месторождений.



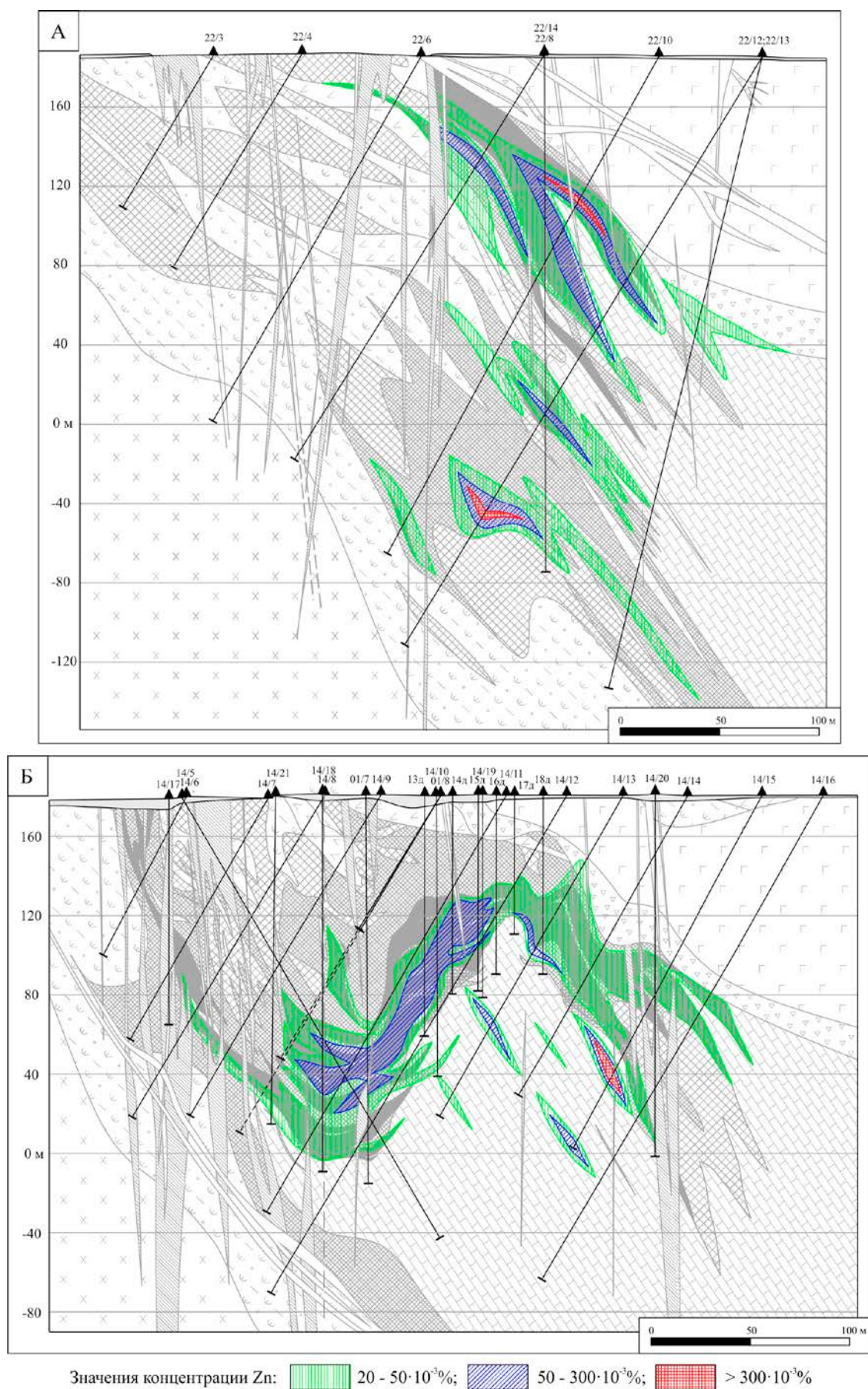


Рисунок 3.47 — Первичные геохимические ореолы цинка месторождения Новогоднее-Монто по разведочным профилям 22 (А) и 14 (Б) (интерпретация автора первичных материалов Бронницкой ГГЭ [Трофимов, 2004ф])



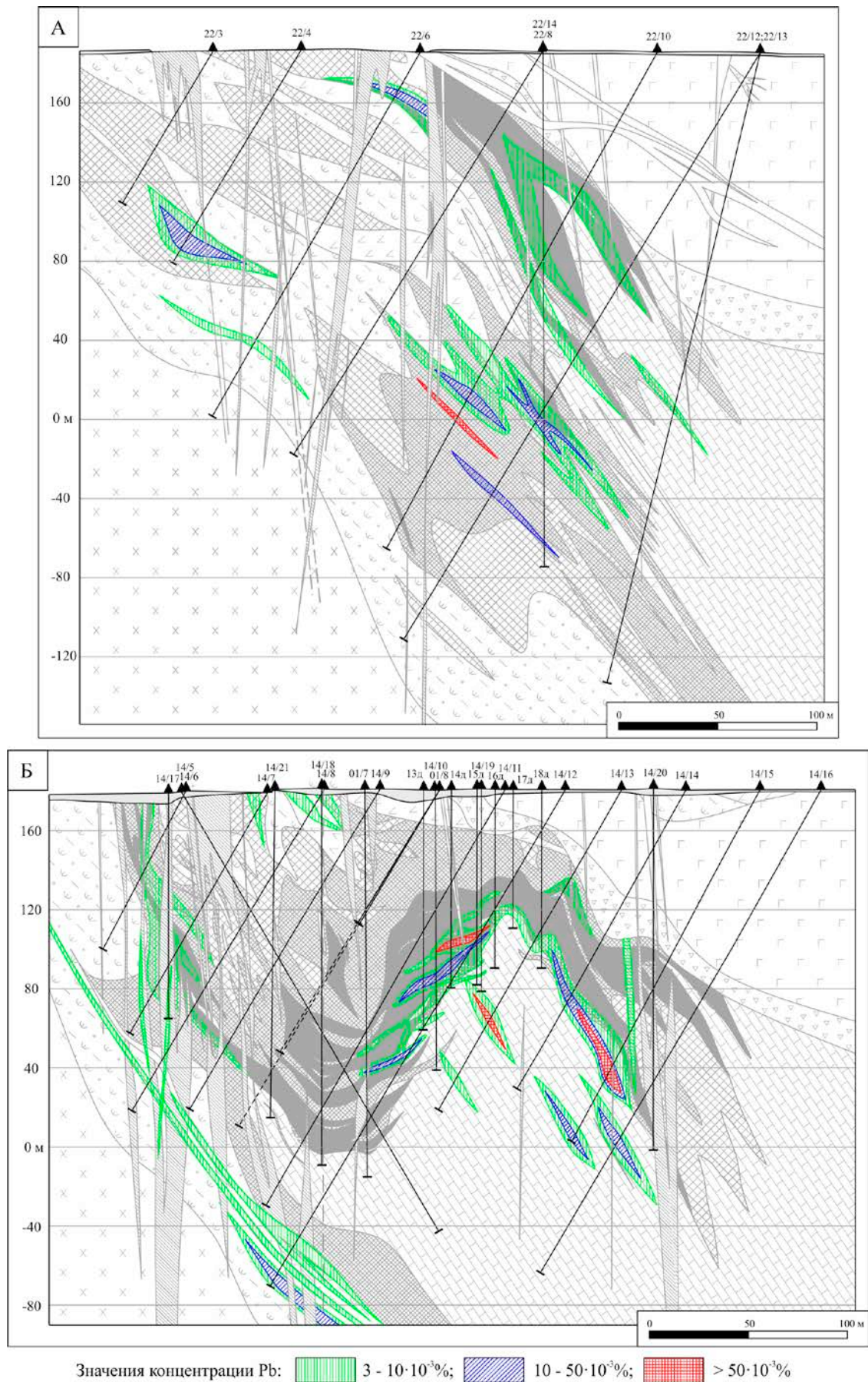


Рисунок 3.48 — Первичные геохимические ореолы свинца месторождения Новогоднее-Монто по разведочным профилям 22 (А) и 14 (Б) (интерпретация автора первичных материалов Бронницкой ГГЭ [Трофимов, 2004ф])



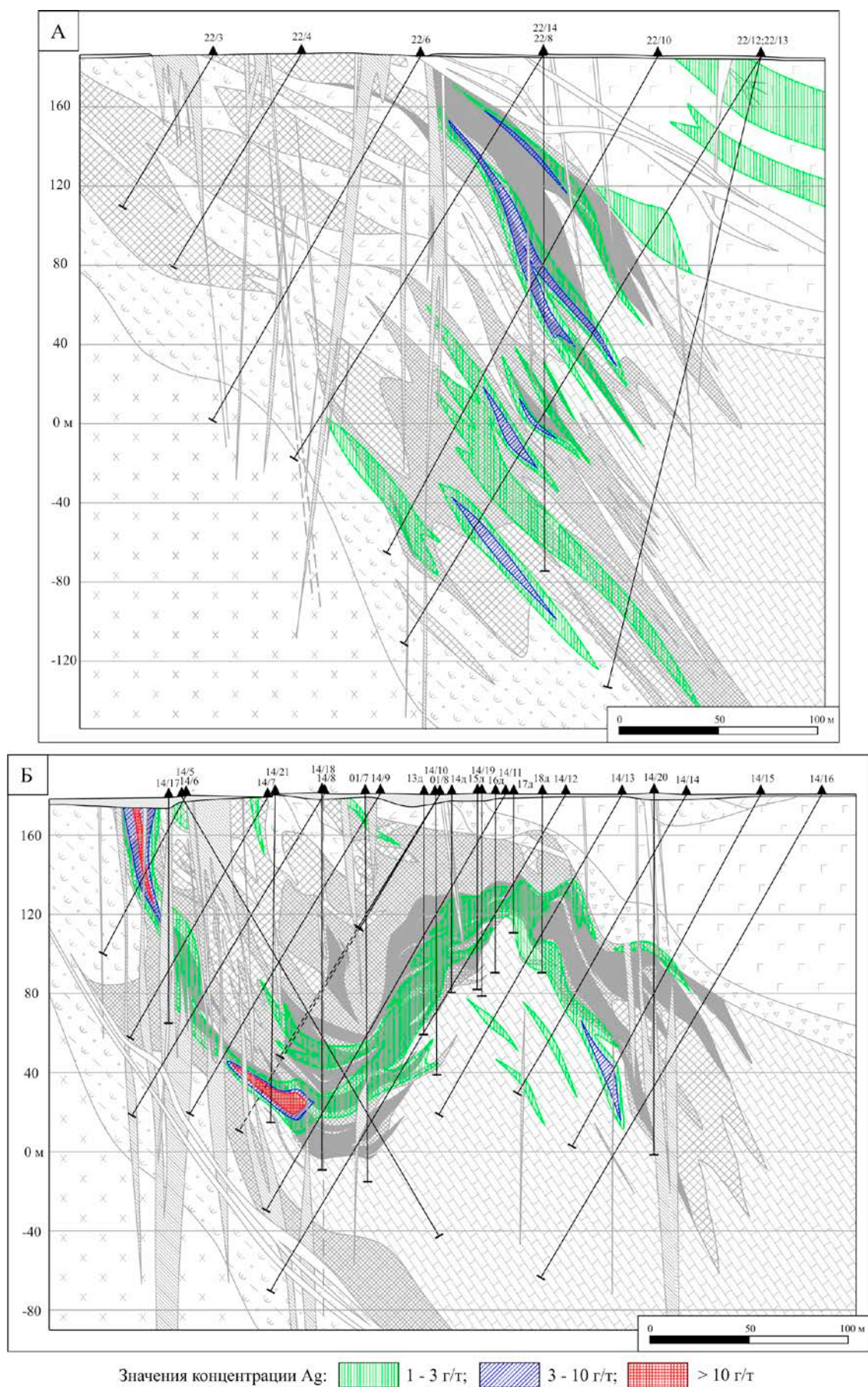


Рисунок 3.49 — Первичные геохимические ореолы серебра месторождения Новогодное-Монто по разведочным профилям 22 (А) и 14 (Б) (интерпретация автора первичных материалов Бронницкой ГГЭ [Трофимов, 2004ф])

Комплексные геохимические ореолы мультипликативных значений содержания элементов  $\text{Co} \times \text{Cu} \times \text{Ag} \times \text{As}$  (коэффициент ранговой корреляции с золотом  $K_{\text{ранг}}=0,432$ ,  $n=314$ ) (Рисунок 3.50), отчетливо фиксируют золоторудные скарново-магнетитовые залежи и зоны «березитов». Наиболее крупный ореол приурочен к нижней и средней частям залежи «Магнетитовая», повторяя ее морфологию. В плане ореол имеет концентрическое, а по вертикали асимметричное внутреннее строение. Изменение градаций его значений в нижней части более резкие, чем в верхней. Поле наибольшей градации значений показателя  $\text{Co} \times \text{Cu} \times \text{Ag} \times \text{As}$  (более  $10^4$ ) оконтуривает ореол содержаний золота более 2 г/т, средней градации ( $10^2 - 10^4$ ) — ореол с содержанием 0,2 – 2 г/т, низкой градации ( $10^1 - 10^2$ ) — 0,02 – 0,2 г/т золота.

Менее мощные протяженные ореолы мультипликативного показателя, но более интенсивные за счет высокой концентрации меди, отражают северное выклинивание залежи «Магнетитовая» и рудные тела залежи «Скарновая».

Аналогично, но более контрастней, поведение комплексного геохимического ореола мультипликативных значений содержания элементов привноса-выноса  $\text{Co} \times \text{Cu} \times \text{Ag} \times \text{As} / \text{Sr} \times \text{Cr} \times \text{Ti} \times \text{V}$  ( $K_{\text{ранг}}=0,446$ ,  $n=314$ ) (Рисунок 3.51), отражающего интенсивность процесса золото-сульфидно-магнетитового рудообразования. Данный ореол имеет в плане также концентрическое строение.

Комплексные геохимические ореолы мультипликативных значений содержания элементов  $\text{Mo} \times \text{Pb} \times \text{Ag} \times \text{As}$  ( $K_{\text{ранг}}=0,401$ ,  $n=143$ ), по данным Бронницкой ГГЭ, отражают золотоносные зоны «березитов». Морфология этих ореолов соответствует морфологии зон метасоматитов. Это протяженные, вытянутые в субмеридиональном, северо-западном и субширотном, северо-восточном направлениях узкие секущие зоны, образующие в местах пересечений сгущения более сложной формы. В целом на участке месторождения ореолы данной ассоциации образуют каркасную структуру, в узлах пересечений которой значительно повышены содержания золота, вплоть до промышленных значений. Поля градаций значений показателя  $\text{Mo} \times \text{Pb} \times \text{Ag} \times \text{As}$  оконтуривают поля ореолов золота: с содержаниями более 2 г/т — более  $10^3$ ; 0,2 – 2 г/т —  $10^2 - 10^3$ ; с содержанием 0,02 – 0,2 г/т —  $10^1 - 10^2$ .

Геохимический показатель латерального уровня среза, характеризующий отношение содержания фланговых (фронтальных) элементов к центральным (тыловым) —  $\text{Pb} \times \text{Ag} / \text{Co}^2$  достигает наибольшей интенсивностью на флангах и верхних горизонтах залежи «Магнетитовая», изменяясь от  $n \cdot 10^{-3}$  до  $n \cdot 10^0$  и более. Аналогично ведет себя геохимический показатель  $\text{Cu} / \text{Co}$ . Показателем зональности вертикального уровня среза для оруденения золото-сульфидно-кварцевого типа является отношение  $\text{Ag} \times \text{Pb} / \text{Mo}^2$ , параметры значений которого изменяются от  $n \cdot 10^{-2}$  до  $n \cdot 10^1$  и более.



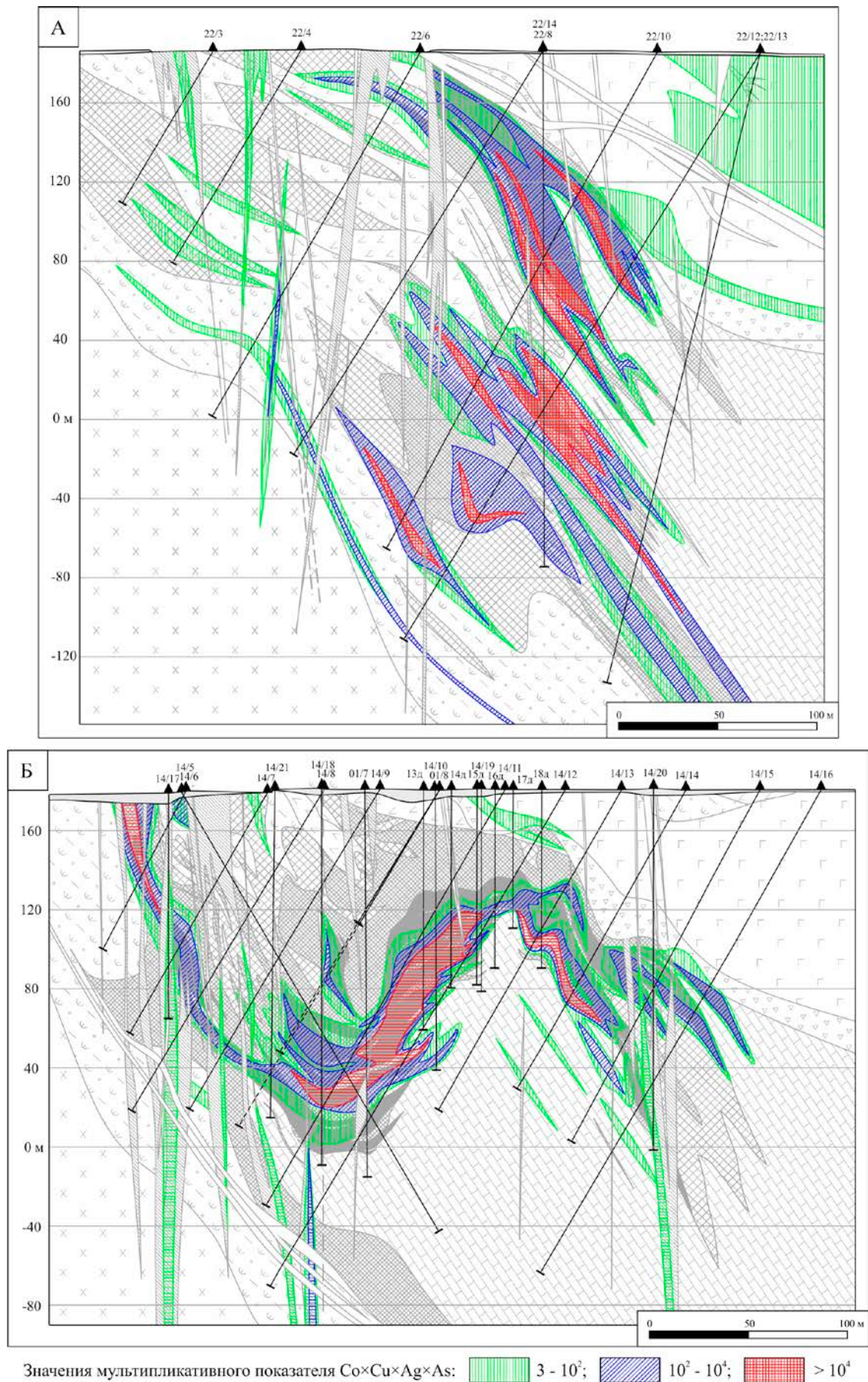


Рисунок 3.50 — Комплексные геохимические ореолы мультипликативных значений содержания элементов  $\text{Co} \times \text{Cu} \times \text{Ag} \times \text{As}$  месторождения Новогоднее-Монто по разведочным профилям 22 (А) и 14 (Б) (интерпретация автора первичных материалов Бронницкой ГГЭ [Трофимов, 2004ф])



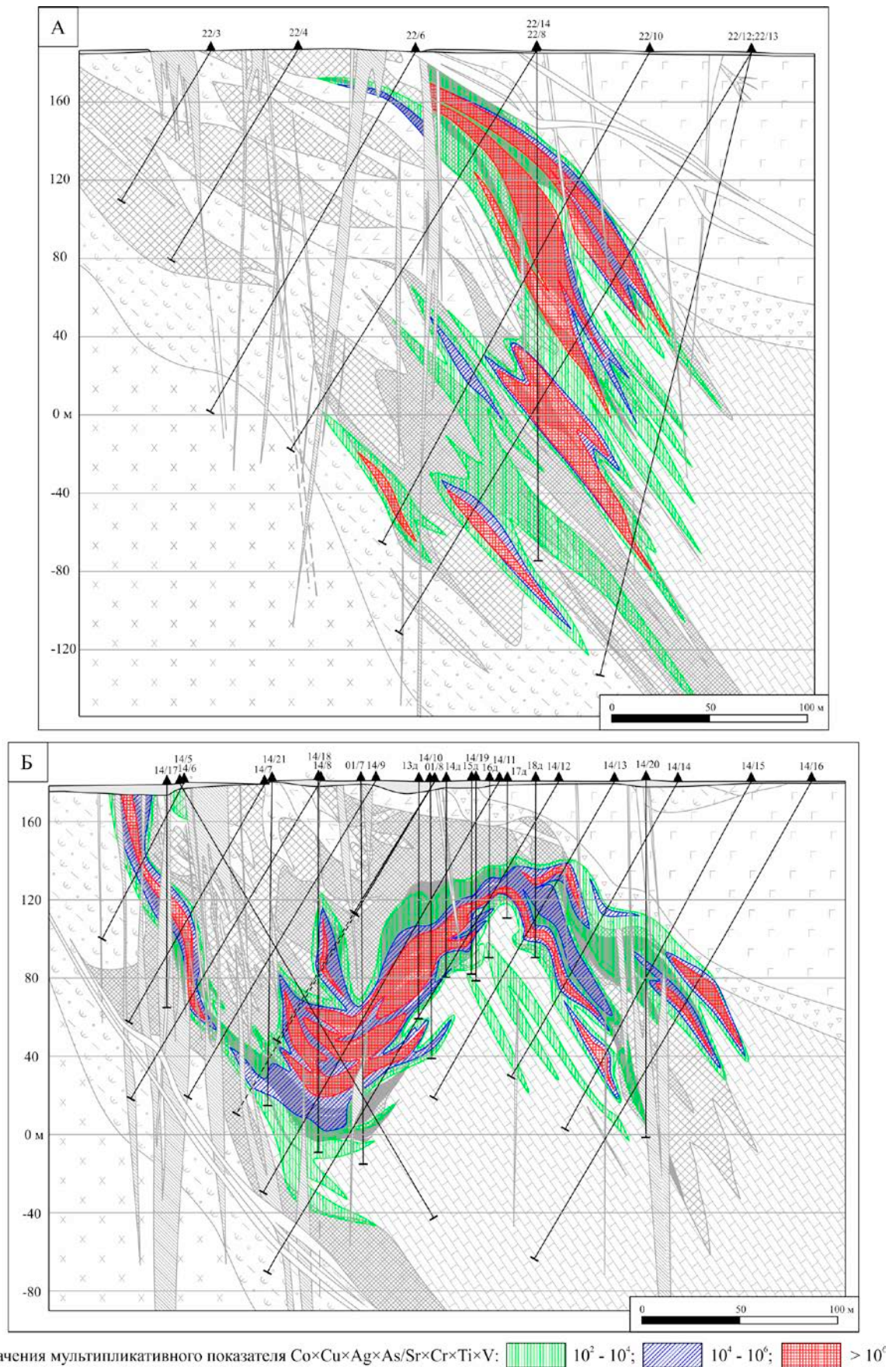


Рисунок 3.51 — Комплексные геохимические ореолы мультипликативных значений содержания элементов привноса-выноса  $\text{Co} \times \text{Cu} \times \text{Ag} \times \text{As} / \text{Sr} \times \text{Cr} \times \text{Ti} \times \text{V}$  месторождения Новогоднее-Монто по разведочным профилям 22 (А) и 14 (Б) (интерпретация автора первичных материалов Бронницкой ГГЭ [Трофимов, 2004ф])

Установленный рудно-формационный геохимический ряд месторождения представляет собой следующую последовательность:  $Au_{697}(492)$   $Cu_{11,9}(300)$   $Ag_{11}(831)$   $Co_{7,7}(271)$   $Mo_{7,0}(424)$   $As_{6,4}(500)$   $Pb_{5,9}(1370)$   $Ba_{4,9}(300)$   $Mn_{3,1}(110)$   $Cr_{2,5}(207)$   $Ni_{2,1}(167)$   $Ge_{1,9}(90)$ . Сумма коэффициентов концентрации с золотом  $\sum K_k=761$ , среднее значение коэффициента вариации с золотом  $V_{cp}=422\%$ ; сумма коэффициентов концентрации без золота  $\sum K_k=64,5$ ; среднее значение коэффициента вариации без золота  $V_{cp}=415\%$ . Основные геохимические показатели комплексных первичных ореолов, установленные в пределах месторождения Новогоднее Монто, отражены в таблице (Таблица 3.21).

\* \* \*

Подводя итоги характеристики вторичных и первичных геохимических ореолов месторождения Новогоднее-Монто, следует выделить ряд основных геохимических показателей, которые, по мнению автора, необходимы для прогнозно-поисковой модели.

1. В масштабе 1:50 000 во вторичных ореолах рассеяния месторождение Новогоднее-Монто, как и другие золоторудные объекты Тоупугол-Ханмейшорского узла, фиксируются комплексными ореолами  $Au$  (0,002 – 0,05 г/т),  $Ag$  (0,06 – 1 г/т),  $Cu$  (50 – 100 г/т), в меньшей степени  $Hg$  (4 – 7 и более г/т) (характерны в основном для месторождения Петропавловское). К периферии золоторудных объектов приурочены ореолы  $Mo$ . Ранжированный ряд наиболее значимых коэффициентов концентрации элементов в ВОР месторождения Новогоднее-Монто, представлен следующими:  $Au_{9,8}$   $Ag_{1,99}$   $Cu_{1,877}$   $W_{1,65}$   $Mo_{1,395}$   $Pb_{1,306}$   $Hg_{1,254}$ .

2. В масштабе 1:5 000 как золото-сульфидно-магнетитовая, так и золото-сульфидно-кварцевая минерализация месторождения Новогоднее-Монто в ВОР достаточно достоверно выражена совмещенными в пространстве ореолами рассеяния  $Au$  (от 0,005 до 10 г/т),  $Ag$  (от 0,012 до 100 г/т) и  $Cu$  (от 100 до 1000 г/т). Аномалии  $Pb$  присутствуют только над зонами «березитов». Для флангов золото-магнетитовых тел и для зон «березитов» характерны ореолы  $Mo$  (2 – 15 г/т). В целом, в контуре ореола золота выделена  $Cu-Pb-Ag-(Mo)-Co$  ассоциация до полного совпадения максимумов концентрации меди, серебра, молибдена и свинца с ореолами золота. Наиболее надежно аномальные геохимические поля выделяются по значениям мультипликативного показателя  $Au \times Cu \times Ag \times Mo$ , контрастность которого достигает 4 – 5 математических порядков.

3. В первичных ореолах месторождения основной ореол золота локализован в нижней части залежи «Магнетитовая», при этом изменения градаций содержания  $Au$  в нижней части ореола более резкие, чем в верхней. Морфология ореолов  $Ag$  магнетитсодержащих скарнов залежи «Скарновая» также полностью повторяет их морфологию. Оруденение в зонах «березитов» подчеркивается узкими, высококонтрастными по своим грациям ореолами  $Au$ , усложняясь в морфологии в местах пересечения и разветвления зон.

Таблица 3.21 — Основные геохимические показатели комплексных первичных геохимических ореолов месторождения Новогоднее Монто  
(по материалам Бронницкой ГТЭ [Трофимов, 2004ф])

| Вертикальный уровень<br>среза сечений | $K_3 = Ag^*Pb/Mo^2$<br>( $Ag^*Pb/Co^*Mo$ ) | Латеральный уровень<br>среза сечений | $K_3 = Ag^*Pb/Co^2$<br>( $Pb^*Zn/Co^*Mo$ ) | Ср. сод. Ср. Au | Кэф. конц. Кк Au | Интенсивность $\sum K_k / \sum K_{k1}$ |                                  |                                           |
|---------------------------------------|--------------------------------------------|--------------------------------------|--------------------------------------------|-----------------|------------------|----------------------------------------|----------------------------------|-------------------------------------------|
|                                       |                                            |                                      |                                            |                 |                  | Интенсивность<br>$Co^*As^*Cu^*Ag/me$   | Интенсивность<br>$Ag^*Pb^*Mo/me$ | Интенсивность<br>$\sum K_k / \sum K_{k1}$ |
| Надрудн.                              | >10                                        | фланговый                            | <1,0                                       | 0,03-0,3        | <10              | Au-Sul-Mgt<br>(1)                      | Au-Sul-Q<br>(3)                  | Au-Sul-Mgt<br>(1)                         |
| Верхнеруд                             | 1-10                                       | промежут.                            | 0,01-1,0                                   | 0,3-3,0         | 10-100           | Au-Sul-Mgt-Sk<br>(2)                   |                                  | Au-Sul-Mgt-Sk<br>(2)                      |
| Среднеруд                             | 0,1-1                                      | центральный                          | <0,01                                      | >3,0            | >100             |                                        |                                  |                                           |
| Нижнеруд.                             | 0,01-0,1                                   | промежут.                            | 0,01-1,0                                   | 0,3-3,0         | 10-100           |                                        |                                  |                                           |
| Подрудн.                              | <0,01                                      | фланговый                            | >1,0                                       | 0,03-0,3        | <10              |                                        |                                  |                                           |

Морфология и внутренняя структура ореолов Co и As в пределах области распространения золото-сульфидно-магнетитовых руд полностью повторяет морфологию ореола Au. Коэффициент ранговой корреляции золота и кобальта составляет 0,913. Ореолы Co и As зон «березитов» незначительны и имеют низкую интенсивность.

Для фланговых частей магнетитовых тел и магнетитсодержащих скарнов характерны ореолы Cu, Ag, Zn, Hg, реже — Pb, обширные слабоинтенсивные ореолы Zn также присутствуют в средних частях сплошных магнетитовых залежей, а Ag в магнетитсодержащих скарнах. Зоны «березитов» сопровождаются ореолами Ag, Hg. Mo образует интенсивные ореолы на флангах магнетитовых залежей. В мраморах проявлена геохимическая ассоциация Pb, Mo, Zn и Ag.

Комплексные геохимические ореолы, наиболее четко отражающие золотое оруденение и его зональность, представлены следующими мультипликативными значениями:  $\frac{Co \times Cu \times Ag \times As}{Co \times Cu \times Ag \times As / Sr \times Cr \times Ti \times V}$  (для скарново-магнетитовых залежей),  $\frac{Mo \times Pb \times Ag \times As}{Co \times Cu \times Ag \times As / Sr \times Cr \times Ti \times V}$  (для зон «березитов»). Геохимические показатели латерального уровня среза  $Pb \times Ag / Co^2$  и  $Cu / Co$  подчеркивают зональное строение золоторудных магнетитовых залежей с наибольшей интенсивностью на ее флангах и верхних горизонтах. Показателем зональности вертикального уровня среза для оруденения золото-сульфидно-кварцевого типа является отношение  $Ag \times Pb / Mo^2$ .

Установленный рудно-формационный геохимический ряд месторождения представляет собой следующую последовательность: Au<sub>697</sub>(492) Cu<sub>11,9</sub>(300) Ag<sub>11</sub>(831) Co<sub>7,7</sub>(271) Mo<sub>7,0</sub>(424) As<sub>6,4</sub>(500) Pb<sub>5,9</sub>(1370) Ba<sub>4,9</sub>(300) Mn<sub>3,1</sub>(110) Cr<sub>2,5</sub>(207) Ni<sub>2,1</sub>(167) Ge<sub>1,9</sub>(90). Сумма коэффициентов концентрации с золотом  $\sum K_k = 761$ , среднее значение коэффициента вариации с золотом  $V_{cp} = 422\%$ ; сумма коэффициентов концентрации без золота  $\sum K_k = 64,5$ ; среднее значение коэффициента вариации без золота  $V_{cp} = 415\%$ .

### 3.6.3. Характер геофизических полей месторождения Новогоднее-Монто

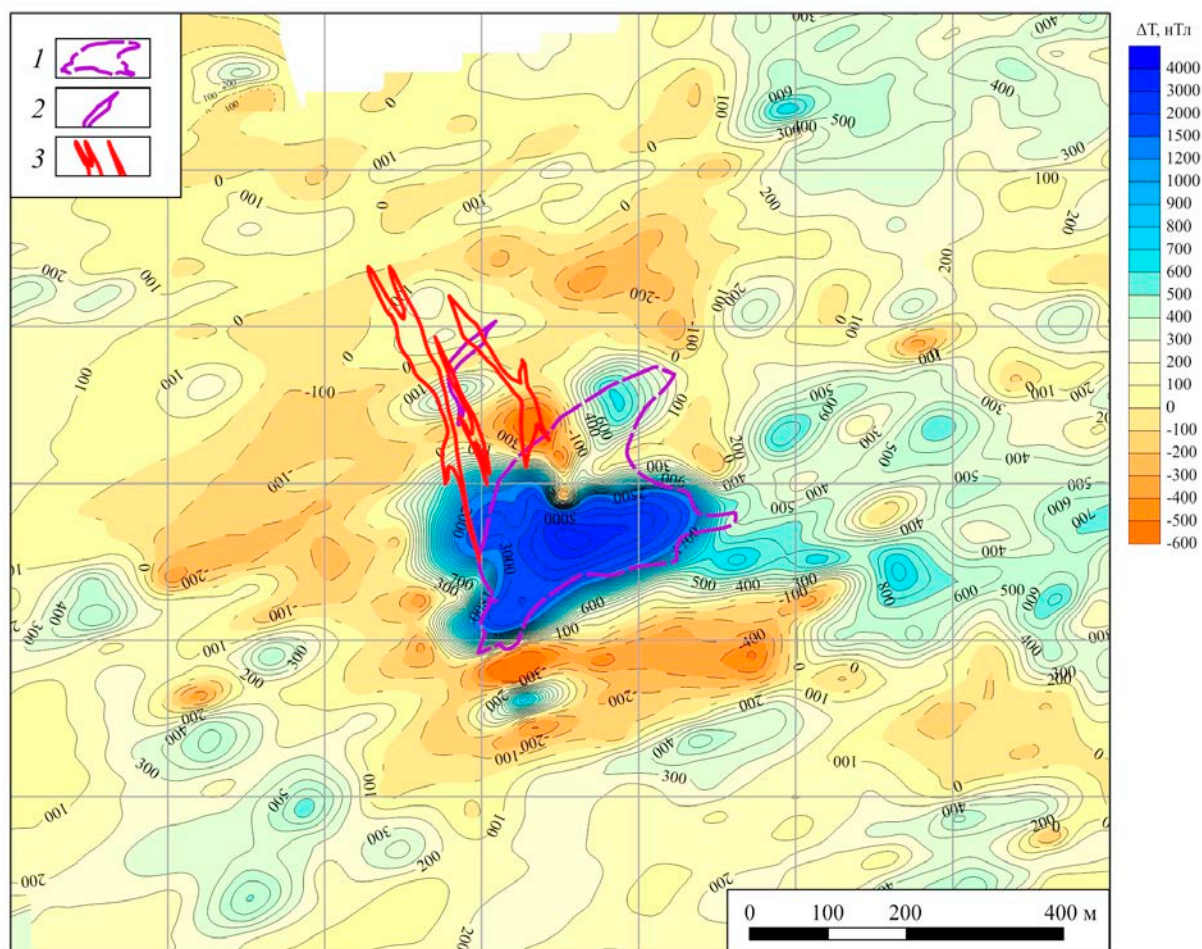
Как уже было отмечено в разделе 2, при характеристике Новогодненского рудного поля, в геофизических полях достаточно достоверно выражен структурный рисунок рудного поля, а также сами рудные объекты — месторождения Новогоднее-Монто, Петропавловское и сопутствующие рудопроявления.

Анализ автором материалов наземных геофизических работ, выполненных АО СУГРЭ в масштабах 1:25 000 и 1:10 000 [Ястребов, 2008ф] показывают, что месторождение Новогоднее-Монто, в отличие от месторождения Петропавловское и рудопроявлений площади, наиболее контрастно выделяется на общем геофизическом фоне.

Благодаря присутствию магнетитовых залежей, в магнитном поле  $\Delta T$  месторождение выражено интенсивной положительной магнитной аномалией (Рисунок 3.52). Основной магнитный эффект создает залежь «Магнетитовая» над которой фиксируется поле интенсивностью до 6 000



нТл с более высокими пиковыми значениями. Магнитная аномалия имеет размеры порядка  $360 \times 200$  м и отражает практически всю площадь залежи, в том числе и часть, перекрытую силлом габбро-долеритов. Небольшие выходы магнетитовых тел на поверхность на периферии залежи «Магнетитовая» фиксируются менее интенсивными (до 500 – 1000 нТл) локальными аномалиями.



1 — проекция на поверхность залежи «Магнетитовая», 2 — выход на поверхность залежи «Скарновая», 3 — обобщенные контуры основных метасоматических зон «березитов».

Рисунок 3.52 — Характер магнитного поля месторождения Новогоднее-Монто и его периферии (по материалам АО СУГРЭ [Ястребов, 2008ф])

Эффект контрастности магнитной аномалии подчеркивает ореол отрицательных значений магнитного поля (-100 – -300 нТл), обрамляющий аномалию полукольцом с юга, севера и запада. Отрицательными значениями этого полукольца выражены как интрузивные породы собского комплекса (на юге), так и в разной степени метасоматически измененные вулканыты (на западе и севере от аномалии). Ореол пониженных значений магнитного поля вокруг залежи «Магнетитовая» может быть обусловлен в том числе выносом из вмещающих пород магнитных минералов, которые в свою очередь могли участвовать в формировании магнетитовых залежей месторождения. Его ширина составляет около 200 м.

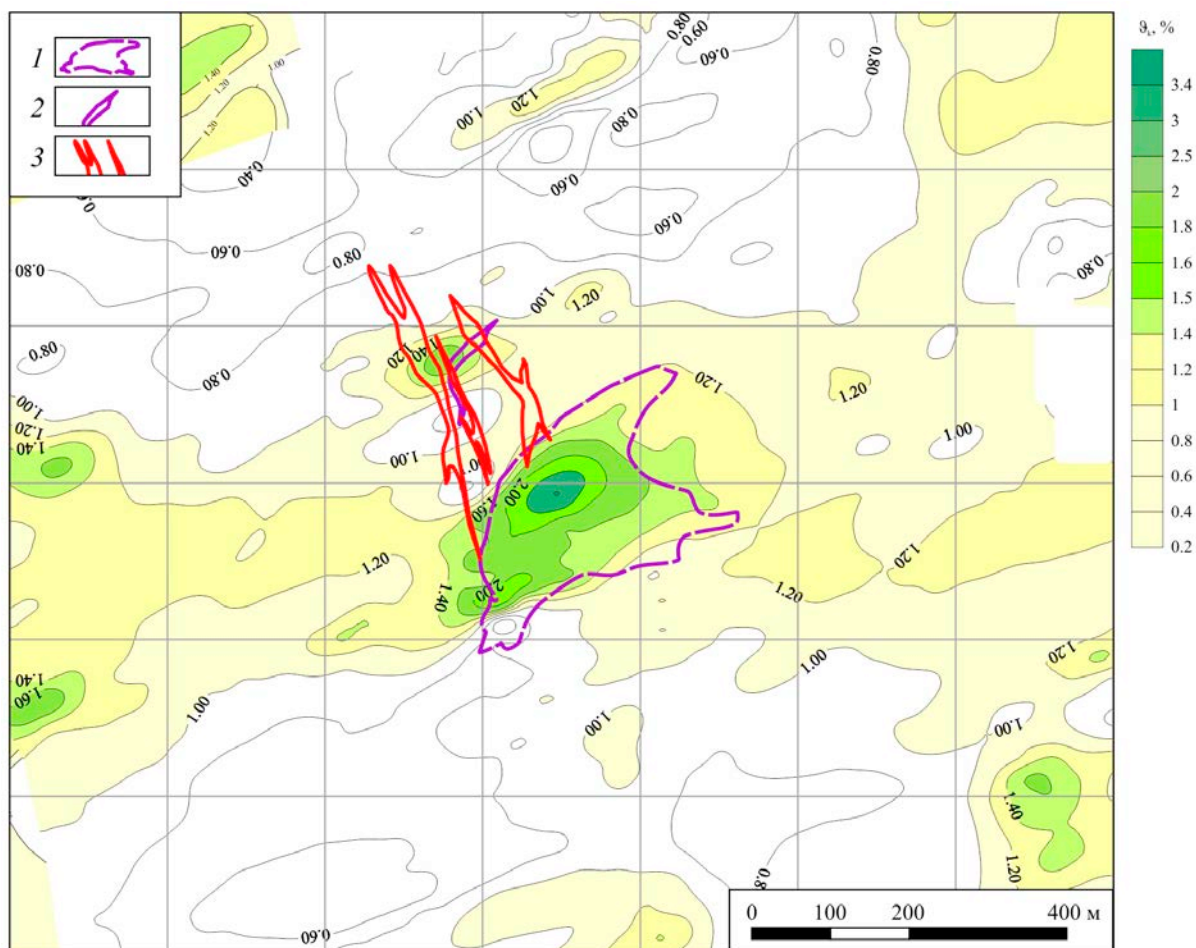
Структурный рисунок зон «березитов» в магнитном поле проявлен не однозначно. Перекрывающий с востока месторождение силл габбро-долеритов выражен в магнитном поле пятнистым рисунком со значениями 300 – 700 нТл. В местах где замеры магнитного поля попадали на дайки монцодиоритов, на фоне поля габброидов появляются пятна пониженных значений 0 – 200 нТл. Отсутствие в пределах тела габбро-долеритов признаков выноса магнитных минералов косвенно может подтверждать его пострудное внедрение.

Стоит отметить, что месторождение Петропавловское также выражено в магнитном поле положительной аномалией (намного менее интенсивной). Однако, отсутствие контрастности аномалии месторождения Петропавловское делает её плохо выраженной на фоне общего пятнистого рисунка магнитного поля. Наиболее близким по контрастности и характеру магнитного поля к месторождению Новогоднее-Монто является рудопроявление Аномальное Ханмейшорского рудного поля, расположенное в 4 км к северо-западу.

Кроме магнитной аномалии, однозначно оконтуривающей магнетитовые руды, месторождение Новогоднее-Монто отчетливо выражено и в поле кажущейся поляризуемости (Рисунок 3.53). Аномалии поляризуемости интенсивностью 1,4 – 2,2 % практически совпадают с положительными аномалиями магнитного поля и отражают те-же золото-сульфидно-магнетитовые руды. Зоны золотоносных «березитов» (вероятно по причине развития интенсивных гипергенных процессов с практически полным окислением сульфидных минералов) в полях поляризуемости в масштабах съемки 1:25 000 и 1:10 000 не выражены.

Объемная штокверковая золото-сульфидная минерализация месторождения Петропавловское, в отличие от месторождения Новогоднее-Монто, выражена несколько более крупной аномалией поляризуемости. Остальные рудопроявления Новогодненского и соседнего Ханмейшорского рудного поля существенными аномалиями поляризуемости не отражаются, что может свидетельствовать, в том числе, и о меньшей интенсивности сульфидной минерализации, проявленной в их пределах и, соответственно, о меньших перспективах на выявление промышленных золото-сульфидных руд.

Поля кажущегося сопротивление вследствие неоднозначности интерпретации его характера в условиях вечной мерзлоты и заболоченного тундрового ландшафта, не рассматривается автором в качестве основного геофизического поискового признака. Вместе с тем, следует отметить, что месторождение Новогоднее-Монто (вернее его южная – магнетитовая часть) выражена в поле сопротивления пониженными значениями (800 – 2000 Ом·м) (Рисунок 3.54). Такими же значениями характеризуется поля сопротивления над интрузивными массивами диорит-кварцдиорит-тоналитового состава. Вулканогенно-осадочные и интрузивные породы основного состава характеризуются повышенным сопротивлением (до 3000 – 5000 Ом·м).



Условные обозначения см. Рисунок 3.52

Рисунок 3.53 — Характер поля кажущейся поляризуемости ( $\eta_k$ ) месторождения Новогоднее-Монто и его периферии (по материалам АО СУГРЭ [Ястребов, 2008ф])

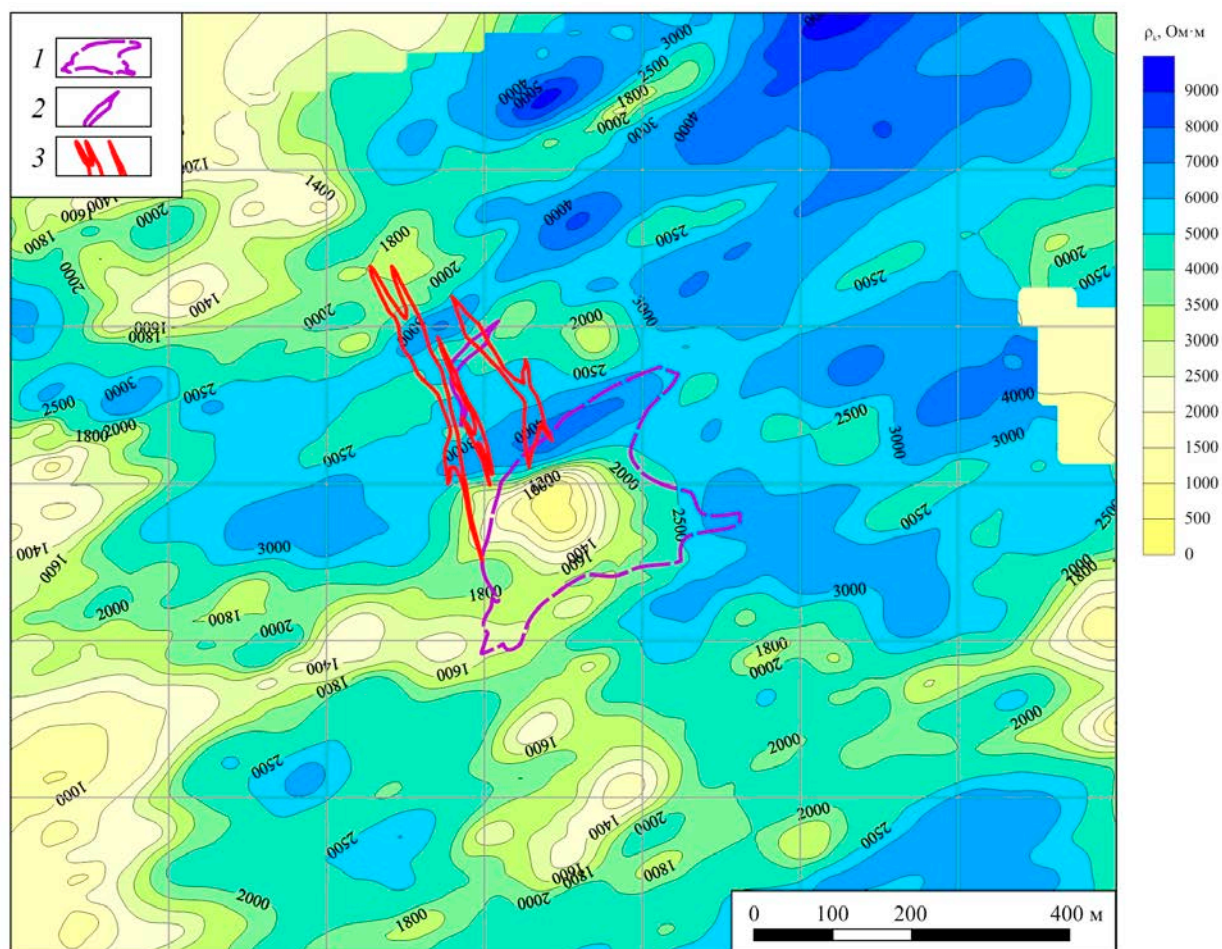
Таким образом, для использования в качестве элементов прогнозно-поисковой модели месторождения Новогоднее-Монто, автором обязательными считаются следующие установленные геофизические характеристики.

1. Для оруденения золото-сульфидно-магнетитового типа обязательным является наличие контрастных магнитных аномалий интенсивностью  $\sim 1000$  нТл, фиксирующих магнетитовые тела, окруженных широким (100 – 200 м) ореолом пониженных (часто отрицательных) значений магнитного поля, обусловленных, вероятно, выносом из окружающих пород магнитных минералов.

2. Потенциальная продуктивность магнетитовых залежей на золото-сульфидное оруденение должна подчеркиваться наличием положительных аномалий кажущейся поляризуемости (интенсивностью не менее 1,4 %) полностью или частично совмещенных с положительными магнитными аномалиями.



3. Для золото-сульфидного штокверкового типа оруденения (месторождение Петропавловское) необходимыми геофизическими параметрами могут считаться следующие: слабоконтрастные магнитные аномалии интенсивностью более 300 нТл с участками высоких значений (500 – 700 нТл и более), полностью или частично совмещенные или непосредственно смыкающиеся с положительными аномалиями кажущейся поляризуемости интенсивностью более 1,4 %.



Условные обозначения см. Рисунок 3.52

Рисунок 3.54 — Характер поля кажущегося сопротивления месторождения Новогоднее-Монто и его периферии (по материалам АО СУГРЭ [Ястребов, 2008ф])

4. Линейные зоны золотоносных «березитов» в геофизических полях м-ба 1:10 000 не выражены за счет небольших мощностей и интенсивного приповерхностного окисления сопровождающей их сульфидной минерализации.

Следует также отметить, что геофизические аномалии, в связи со сложным неоднородным геологическим строением месторождений, непосредственно не оконтуривают минерализованные зоны и рудные тела в их пределах, а лишь являются признаком их вероятного наличия. Так, реально наблюдаемые минерализованные зоны и рудные тела могут быть как меньше перспективных геофизических аномалий, так и выходить за их пределы в поля меньших значений.



## **ГЛАВА 4. ГЕОЛОГО-ГЕНЕТИЧЕСКИЕ АСПЕКТЫ ФОРМИРОВАНИЯ РУД НОВОГОДНЕНСКОГО РУДНОГО ПОЛЯ, ПРОГНОЗНО- ПОИСКОВАЯ МОДЕЛЬ И ЕЕ ПРАКТИЧЕСКОЕ ПРИМЕНЕНИЕ**

### **4.1. Геолого-генетические аспекты образования руд Новогодненского рудного поля и месторождения Новогоднее-Монто**

#### **4.1.1. Геолого-генетическая модель формирования руд Новогодненского рудного поля и месторождения Новогоднее-Монто**

Как уже было отмечено в предыдущих главах, результаты проведенных автором минерало-геохимических исследований свидетельствуют о том, что типы золотого оруденения, установленные в пределах Новогодненского рудного поля и месторождения Новогоднее-Монто, являются продуктами развития единой рудно-магматической системы (РМС). Наблюдаемые пространственно-временные соотношения между этими типами отражают эволюцию условий рудоотложения на фоне тектоно-магматических процессов и снижения температуры.

РМС Новогодненского рудного поля сформировалась в пределах локальной тектоно-магматической структуры (плутоногенного поднятия), расположенной в пределах зон долгоживущих разломов. В формировании данной структуры участвуют магматические образования трех интрузивных комплексов, последовательность образования которых трактуется большинством исследователей достаточно однозначно.

К наиболее ранним относятся гранитоиды собского комплекса, рассматриваемые в составе продуктивной базальт-андезитобазальт-габбро-кварцдиорит-тоналитовой вулcano-плутонической ассоциации (ВПА) «островодужной» стадии развития Малоуральского вулcano-плутонического пояса (ВПП). В пределах Новогодненского рудного поля образования собского комплекса представлены низкокалиевыми породами умеренно кислого состава — роговообманковыми диоритами, кварцевыми диоритами, тоналитами, их порфировидными и порфировыми разновидностями ( $Rb/Sr$  возраст этих пород составляет 400 – 408 млн лет —  $D_1$ ) [Прямоносков, 1994ф, 2004ф; Удоратина, 2007; Душин, 2014 и др.].

К более поздним проявлениям магматизма относятся дайкообразные тела монцодиорит-порфириров конгорского комплекса, рассматриваемого в составе трахибазальт-трахидацит-габбро-монцодиоритовой ВПА поздней (субплатформенной) стадии развития Малоуральского ВПП ( $Rb/Sr$  возраст монцодиорит-порфириров рудного поля составляет 382 – 384 млн лет ( $D_{2-3}$ ) [Волчков, 2005ф; Прямоносков, 2010]. На основании петрографических особенностей [Андреев, 2001<sup>1</sup>]

и геологических взаимоотношений к конгорскому комплексу отнесен также силлообразный массив порфировидных габбро-долеритов, расположенный в восточной части рудного поля.

К наиболее поздним магматическим телам РМС рудного поля относятся дайки диабазов малоханмейского комплекса, пересекающие все магматические и гидротермально-метасоматические образования, в том числе золоторудные тела. Большинство исследователей дайки рассматриваются как образования позднепалеозойской-раннемезозойской активизации [Душин, 1999; 2010]. Включаемые в состав этого дайкового комплекса тела лампрофиров характеризуются более калиевым типом щелочности. Кроме того, от диабазов лампрофиры отличает высокое отношение  $(La/Yb)_n = 20$  [Черняев, 2005ф]. Учитывая, что лампрофиры секут дайки диабазов (по крайней мере некоторые из них), не исключено, что они представляют собой продукты еще более молодого самостоятельного этапа магматизма.

Имеющиеся дискуссионные моменты в возрастных датировках отдельных интрузивных тел в пределах Новогодненского рудного поля, в целом не нарушают общей установленной последовательности становления магматических комплексов.

Для разработки геолого-генетической модели принципиально установление взаимоотношений магматических образований рудного поля с продуктами гидротермально-метасоматических процессов. Данные, полученные автором в разные годы при документации горных выработок, в сочетании с результатами петрографического изучения состава метасоматитов, а также обобщение материалов других исследователей позволили выделить три основные группы гидротермально-метасоматических изменений, детальная характеристика которых была приведена в соответствующих главах.

Наиболее ранняя группа метасоматитов, имеющая площадное распространение, представлена пропилитами актинолит-эпидотовой, эпидот-хлоритовой и кальцит-хлоритовой фаций. Они сформировались за счет преобразования вулканогенных и вулканогенно-осадочных пород, а также магматических образований собского комплекса. Интенсивность пропилитизации пород, помимо степени тектонической проработки, определяется их составом и текстурно-структурными характеристиками. Формирование таких площадных изменений, согласно существующим представлениям (Д.С. Коржинский, В.А. Жариков и др.), носит изохимический характер и связано не с конкретными магматическими телами, а обусловлено общим поднятием «фронта» интрузивных пород. При преобразованиях этого типа главную роль играет вода (захороненные и вадозовые воды глубокой циркуляции), при незначительном привносе  $CO_2$  и S. На правомерность такой интерпретации указывает то, что неизменные тоналиты собского комплекса значительно обеднены тяжелым изотопом кислорода ( $\delta^{18}O = +1,7 \text{ ‰}$ ) (см. Таблица 3.14), что является призна-

ком высокотемпературного взаимодействия остывающих плутонов с циркулирующими поверхностными водами и весьма характерно для гипабиссальных интрузий в проницаемых вулканогенных толщах [Тейлор, 1982].

На месторождении *Новогоднее-Монто* более широко представлена вторая возрастная группа метасоматитов — известковые инфильтрационные скарны, сформировавшиеся под воздействием скарнирующих растворов на известняки и карбонатсодержащие вулканогенно-осадочные породы. Тела скарнов, сформированные преимущественно минералами пироксен-гранатовой и пироксен-гранат-эпидотовой фаций, окаймляются ореолом околоскарновых пропилитоподобных метасоматитов (альбит, хлорит, актинолит, эпидот, кальцит). Процесс скарнообразования завершается золото-сульфидно-магнетитовым оруденением, определяющим промышленную значимость месторождения.

Генетические аспекты образования руд месторождения Новогоднее-Монто, установленные на основе комплекса минералогических и изотопно-геохимических исследований состава руд, тесно связываются автором с процессами скарнообразования, что подтверждается публикациями многих специалистов по скарновым месторождениям.

Согласно представлениям, выдвинутому еще академиком Д.С. Коржинским в середине прошлого века, и активно развивавшейся его последователями (В.А. Жариков, Г.П. Зарайский), скарны возникают в результате реакционного взаимодействия карбонатных с магматическими и другими алюмосиликатными породами при посредстве высокотемпературных магматогенных растворов. В соответствии с этим, для возникновения скарнов обязательно сочетание трех непременных условий. Во-первых, наличие контакта двух химически неравновесных сред: карбонатных и алюмосиликатных пород. Во-вторых, возникновение высокотемпературных минералов скарнов возможно только либо на контакте с интрузивом, либо в зоне высокотемпературного ореола влияния интрузивных массивов. На месторождении Новогоднее-Монто непосредственного контакта скарнов и руд с материнскими интрузиями не наблюдается, однако в непосредственной близости от месторождения и непосредственно под ним они присутствуют. Тем самым, скарны на месторождении принадлежат к инфильтрационному типу и образованы в зоне высокотемпературного контактового ореола интрузивных массивов. И в-третьих, для протекания интенсивных процессов скарнообразования обязательно участие гидротермальных растворов магматогенного генезиса, признаки чего наблюдается на месторождении в виде околоскарновых изменений вмещающих пород и образовании сульфидно-магнетитовых залежей.

Отчетливая связь скарнов с магматизмом подразумевает пространственную и генетическую приуроченность их к тем или иным магматическим формациям. Известная оценка такой приуроченности сделана В.А. Жариковым [Жариков, 1968]. Из сравнения более 100 скарновых месторождений вытекает, что образование скарнов связано преимущественно с интрузивными

формациями островодужного и коллизионного (орогенного) геодинамических режимов. Эти выводы хорошо коррелируют с представлениями о формировании оруденения месторождения Новогоднее-Монто и Малоуральского ВПП в целом со становлением интрузивов габбро-кварцдиорит-тоналитовой формации собского комплекса, являющихся составляющей ВПА «островодужного» режима развития ВПП [Кривцов, 1997, 1999].

Стадийность скарново-рудного процесса заключается в непрерывном развитии гидротермальной системы на фоне понижения температурного градиента и остывании гидротермальных растворов. В зависимости между процессами скарнообразования и оруденения принято выделять несколько типов оруденения или семейств скарновых руд [«Метасоматизм ...», 1998]: 1 — тип одновременного оруденения; 2 — тип сопутствующего оруденения; 3 — тип наложенного оруденения.

Рассматривая этот процесс применительно к интересующим нас известковым скарнам, следует указать, что на магматической стадии (900 – 650° С) известковые скарны не образуются вследствие неустойчивости кальциевых силикатов в условиях высокого давления углекислоты [«Метасоматизм ...», 1998]. Кроме того, известковые скарны возникают преимущественно в гипабиссальной (1 – 4 км) фации глубинности, что обусловлено геохимическим режимом углекислоты, магния и кальция.

*Одновременное оруденение* формируется, когда отложение рудных минералов происходит в процессе скарнообразования и имеет очень ограниченное распространение. К этому типу в литературе относят боратовую минерализацию в магнезиальных скарнах, флогопитовую минерализацию, также образуется незначительное количество магнетита. Во всех этих случаях промышленных скоплений полезных компонентов не образуется, поскольку скарновый и рудный процессы имеют противоположные геохимические тенденции, этот факт исключает образование значительных скоплений рудных минералов одновременно с образованием скарнов [«Метасоматизм ...», 1998]. Учитывая эти данные, можно предполагать, что эта стадия протекала в пределах месторождения Новогоднее-Монто на гипабиссальных глубинах, что благоприятствовало при температурах 600 – 550 °С образованию инфильтрационных известковых скарнов, сформировавших ореол на контакте рифовой постройки известняков и вулканогенно-осадочной толщи, а также развитых по насыщенным карбонатным веществам вулканогенно-осадочным породам в обрамлении этой постройки.

Таким образом, рудный процесс и скарнообразование разделены во времени и основной объем руд возникает на следующей стадии гидротермального процесса и относится к семейству сопутствующих руд.

Постмагматическая *ранняя продуктивная (щелочная) стадия*, непосредственно сменяет процесс скарнообразования и сопровождается изменением первичных скарновых минералов.



При этом на месторождении был сформирован ореол околоскарновых метасоматитов по составу парагенезисов (альбит, хлорит, актинолит, эпидот, кальцит) соответствующих пропилитам. От дорудных площадных пропилитов их отличает отчетливо щелочной характер метасоматоза (содержание  $\text{Na}_2\text{O}$  до 10 %). Наблюдается относительно четко проявленная зональность метасоматитов, выраженная в приуроченности более высокотемпературных актинолит- и эпидот-содержащих фаций к экзо-эндоконтактовым зонам интрузивов и к телам скарнов. По результатам исследования высокотемпературных включений, рассматриваемые метасоматиты сформировались при участии концентрированных (20 %NaCl экв.) хлоридных растворов щелочных и щелочноземельных металлов (Таблица 3.15). Температура их образования ( $380^\circ\text{C}$ ) соответствует нижней границе условий формирования известковых скарнов и переходу к кварц-полевошпатовым метасоматитам и пропилитам. Такие зоны околорудной пропилитизации закономерно развиты в ореоле скарново-магнетитовых месторождений Урала и могут прослеживаться на удалении до 2 км [«Скарново...», 1978].

На этой же стадии при температурах 450 – 350 °C образовано *сопутствующее оруденение скарнов* представленное золото-сульфидно-магнетитовым (магнетит, кобальтин, пирит, халькопирит и пирротин) типом, являющимся основным носителем золота на месторождении Новогоднее-Монто. Общей закономерностью при формировании скарнов является увеличение железистости всех скарновых минералов по мере течения процесса — вплоть до отложения магнетита [«Метасоматизм ...», 1998], а затем сульфидов с золотом. Достаточный объем возникших на месторождении руд указывает на низкую кислотность первоначальных магматогенных флюидов и их длительное воздействие на скарны.

Золотоносность сопутствующего скарнообразованию оруденения на месторождении Новогоднее-Монто определяется в существенной мере более ранней продуктивной ассоциацией — золотосодержащим кобальтином и кобальтсодержащим пиритом — характерными минералами высокотемпературного оруденения скарнового типа [Мурзин, 1997], и ассоциирующим с ними самородным высокопробным практически беспримесным золотом [Петровская, 1973] (иногда присутствует примесь Hg, микропримеси Te, Bi). Золото этой ассоциации присутствует в виде изометричных сингенетичных включений в кобальтине и пирите, реже выполняет микротрещинки и каверны в магнетите и скарновых минералах. Золотинки часто содержат микровключения сульфидов, чем обусловлена существенная примесь Fe. Установлены узкие вариации изотопного состава сульфидной серы кобальтина и кобальтсодержащего пирита при близости  $\delta^{34}\text{S}$  к метеоритному стандарту ( $\delta^{34}\text{S} = 0,5 \pm 0,5 \text{ ‰}$ ).

По мере остывания рудообразующих растворов и повышения их кислотности, на той-же стадии в скарнах, околоскарновых метасоматитах и в магнетитовых телах формируется следующая продуктивная минеральная ассоциация — пирит, халькопирит, мышьяксодержащий пирит,

арсенопирит и ассоциирующее с ними самородное золото средней пробы. Золото данной ассоциации характеризуется теми-же примесями, что и более высокопробное — Hg, Fe, Te в сопоставимых количествах, однако при этом в его составе резко возрастает количество серебра (до 17,5 масс.%, по сравнению с 1,6 масс.% в высокопробном), практически исчезает Bi.

Таким образом, золото-сульфидно-магнетитовое оруденение месторождения Новогоднее-Монто сформировались на поздней стадии образования известковых скарнов, характеризующейся повышением кислотности растворов, на фоне снижения температуры (от 600 – 550 °C до 350 °C). Изменение состава растворов привело к замещению ранних ассоциаций скарновых минералов окислами (магнетит), а затем сульфидами с золотом.

Вместе с тем, в пределах единого с генетической точки зрения месторождения далеко не во всех случаях образование магнетитовых залежей завершается отложением значительного количества золотосодержащих сульфидов. В этой связи большое практическое значение могут иметь характеристики магнетита, по которым «продуктивные» на золото залежи могут быть выделены среди «рядовых». Как было подробно рассмотрено в главе 3, автором с коллегами было установлено [Устинов, 2007], что магнетит золоторудных залежей характеризуется изотопным составом  $\delta^{18}\text{O}$  от -1,4 до -3,7 ‰, а магнетит малопродуктивных на золото залежей, отличается резко пониженными значениями  $\delta^{18}\text{O}$  (-6 – -10 ‰) (см. Таблица 3.14).

Что касается *месторождения Петропавловское* — скарновые парагенезисы тут проявлены редуцированно, что в первую очередь связано с практическим отсутствием карбонатных пород. Образования *ранней продуктивной щелочной стадии* представлены здесь метасоматитами хлорит-альбитовой фации пропилитов по вулканогенным и интрузивным породам, формирование которых завершается редуцированной титано-магнетитовой и ведущим для этого месторождения золото-сульфидным (пиритовым) оруденением.

На генетическую близость золотоносных скарнов месторождения Новогоднее-Монто и хлорит-альбитовых пропилитов месторождения Петропавловское указывает целая серия минералого-геохимических данных, полученных в ЦНИГРИ [Волчков, 2008ф] и уточненных Р.Х. Мансуровым и автором [Мансуров, 2013, 2017; Андреев, 2016 и др.].

Указанные типы оруденения близки по температуре формирования: золото-сульфидно-магнетитовый — 350 – 400 °C, золото-сульфидный ~380 °C. Близок состав формирующих эти руды гидротермальных растворов — в обоих случаях установлен их хлоридный состав. Близки изотопные характеристики серы золотоносной сульфидной минерализации — среднее  $\delta^{34}\text{S}$  +0,5 ‰ и характер распределения элементов-примесей — устойчивая ассоциация As, Co, Cu, достаточно высокая проба золота.

Тем самым, близкие геологические позиции оруденения золото-сульфидно-магнетитового скарнового типа и золото-сульфидного в хлорит-альбитовых метасоматитах месторождений Новогоднее-Монто и Петропавловское, температуры образования, состав минерализации и характеристики золота, по мнению автора, могут свидетельствовать о том, что эти типы руд — образования единой стадии развития РМС Новогодненского рудного поля.

Переходя к рассмотрению *типа наложенного оруденения* следует определиться, что понимать под термином «наложенное». В.А. Жариков в своих работах под наложенными рудами понимает руды, возникшие при взаимодействии кислых растворов стадии кислотного выщелачивания того же скарнообразующего процесса с основной средой скарнов. Другие же исследователи более строго подходят к определению наложенного оруденения, четко разделяя рудные процессы, происходящие на стадии кислотного выщелачивания скарнового процесса и наложение оруденения при процессах гидротермальной деятельности, генетически не связанных со скарнообразованием и ассоциирующими со скарнами рудами. Автор придерживается точки зрения не употреблять термин «наложенное оруденение» по отношению к поздним стадиям единого генетически связанного многостадийного процесса рудообразования, установленного на месторождении Новогоднее-Монто и Новогодненском рудном поле.

Итак, оруденение поздней *продуктивной (кислотной) стадии* скарнового процесса происходит на фронте взаимодействия кислых растворов и основной средой скарнов, сопровождается околорудными изменениями скарнов и других вмещающих пород. При различных благоприятных обстановках рудоотложения, метасоматиты и оруденение рассматриваемой стадии могут образовываться как в скарнах, так и за их пределами, образуя зоны с прожилково-вкрапленными золото-кварц-сульфидными рудами.

На месторождении Новогоднее-Монто на кислотной стадии сформировались маломощные зоны серицит-хлорит-кварц-кальцитовых («березитовых») изменений, вмещающие золото-кварц-сульфидное жильно-прожилковое оруденение. «Березиты» формировались при температурах в интервале от 270 °С (кварц) до  $210 \pm 10$  °С (кальцит) при давлении около 300 бар, что соответствует глубинам порядка 1 км (см. Таблица 3.15). Рудообразующие растворы характеризовались высокой концентрацией хлоридов щелочей (10 – 20 %) при  $Na/K = 1-10$  и  $\mu K=0,5$ . По сравнению с объемным богатым оруденением ранней стадии, оруденение золото-сульфидно-кварцевого типа на месторождении редуцированное, что связывается автором с ослаблением рудного потенциала гидротермальных растворов после сброса основного количества рудного вещества в скарнах и магнетитовых залежах.

Главные минералы золото-сульфидно-кварцевого оруденения «березитов» — пирит и галенит, реже встречаются халькопирит и арсенопирит. Самородное золото этой стадии низкопроб-

ное, содержит существенную примесь серебра, мелкое (5 – 10 мкм) и образует включения неправильной формы в пирите, халькопирите или тонкие прожилки в галените. Иногда золото встречается в кварце в виде изометричных зерен или занозистых выделений размером до 30 мкм. Кроме серебра в золоте установлена примесь  $\text{He}$  и  $\text{Te}$  — устойчивых элементов-примесей всех продуктивных минеральных ассоциаций месторождения (см. Таблица 3.8). Сульфиды кристаллизовались при температуре около 250 °C в слабощелочных условиях при  $\lg f\text{O}_2$  от -38 до -35. Пирит относительно обеднен тяжелым изотопом серы ( $\delta^{34}\text{S}$  около -1 ‰), что может быть связано с эволюцией глубинного источника этого элемента и воздействием поверхностных вод. Этот вывод подтверждается высоким содержанием метана во флюидных включениях ( $\text{CO}_2/\text{CH}_4 < 10$ ) при повышенном содержании тяжелого изотопа углерода в углекислоте ( $\delta^{13}\text{C} = -3$  ‰), а водная фаза растворов характеризуется интервалом  $\delta^{18}\text{O}$  от 0 до +6 ‰, который отвечает водам смешанного (эндогенно-экзогенного) происхождения.

Одной из особенностей рудоносных растворов кислотной стадии является относительно низкая концентрация углекислоты (около 0,15 моль/кг  $\text{H}_2\text{O}$ ) (см. Таблица 3.16). С этим фактором связано практически исключительное развитие в рудном поле серицит-кальцитовая фация «березитов» при практически отсутствии железистых карбонатов столь характерных для «березитов» многих золоторудных месторождений Урала. Основные характеристики минерализации, в том числе типоморфные свойства кварца, кальцита и рудных минералов, полностью идентичны для обоих месторождений Новогодненского рудного поля — Новогоднее-Монто и Петропавловское, что подтверждает выводы о принадлежности их к единой РМС.

Факты, однозначно свидетельствующие об увеличении золотоносности скарново-рудных тел в результате наложения на магнетит-сульфидно-скарновые залежи более поздней минерализации «березитового» этапа, автором не установлены.

Завершает рудообразование кислотной стадии возникновение ассоциации самородного золота с теллуридами, впервые выявленной автором совместно со специалистами ЦНИГРИ (С.Г. Кряжев, С.С. Двуреченская) [Андреев, 2006; Двуреченская, 2007] исключительно в осевых кварцевых жилах «березитов» на глубинах не более 150 м от современной поверхности. По результатам изучения флюидных включений, образование минералов этой ассоциации происходило при весьма низкой температуре (около 130°C). Самородное золото средней пробы (830 – 860 ‰), что отличает его от низкопробного золота «березитов». Оно образует нитевидные выделения в петците, гессите и ряде других теллуридов. Изотопный состав серы пирита этой ассоциации отличается аномально отрицательными значениями  $\delta^{34}\text{S} = -2,5 - -4,5$  ‰. Самостоятельного значения в рудобалансе месторождения золото-теллуридная ассоциация не имеет и, учитывая редкую встречаемость, изучена недостаточно. По литературным данным, золото-теллуридная ассоциа-



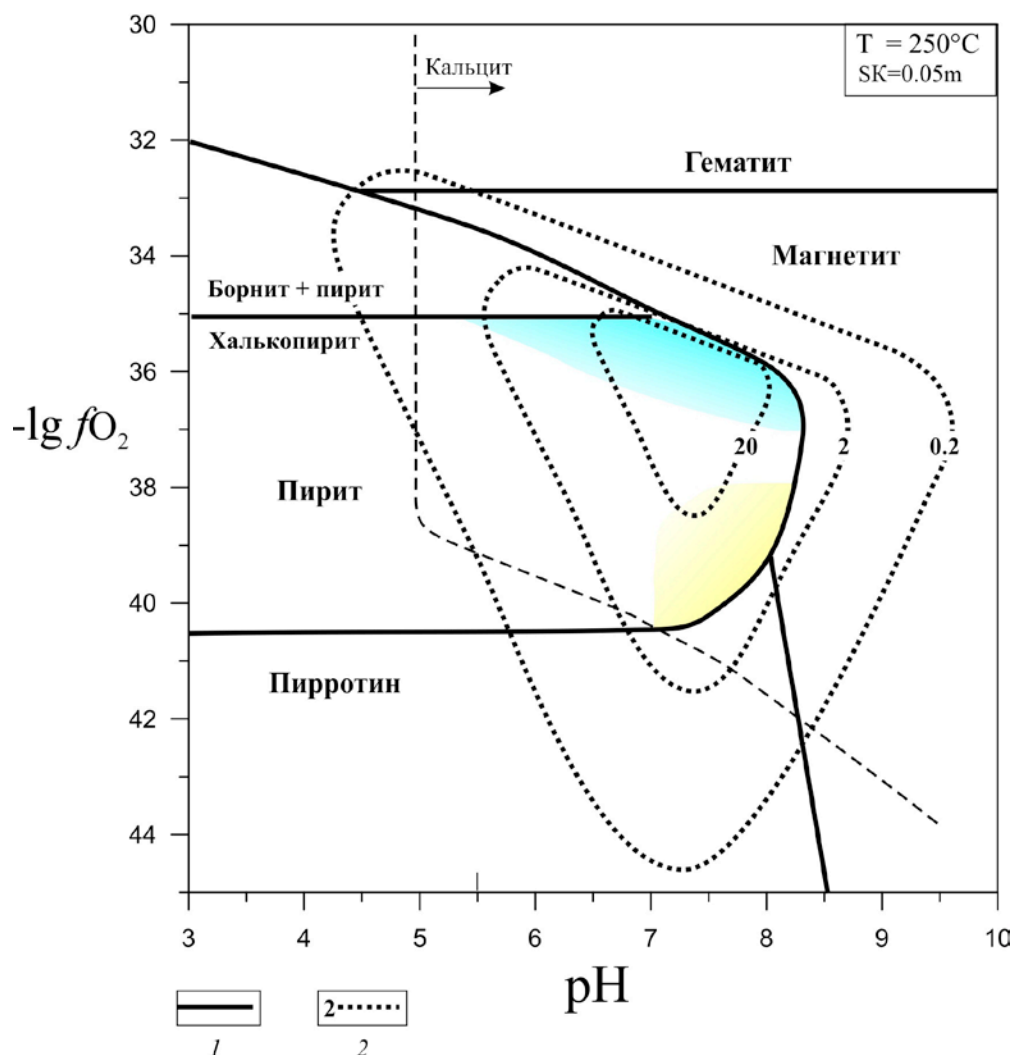
ция установлена на многих золотосодержащих медно- и медно-железоскарновых месторождениях Урала, а промышленные руды такого типа характерны для зон активизации и областей наложенных ВПП (например золоторудных месторождений верх-исетского типа, приуроченных к гранитным массивам каменноугольного возраста).

Видимое снижение  $\delta^{34}\text{S}$  по мере развития рудного процесса на месторождении Новогоднее-Монто, является характерной чертой скарново-магнетитовых месторождений Урала [Баранов, 1985]. Изотопные данные, полученные при изучении золоторудных объектов Новогодненского рудного поля, позволяют в качестве основной причины отмеченной закономерности указать возрастание  $f\text{O}_2$  и pH по мере снижения температуры. Главным фактором, обусловившим такой тренд физико-химических условий, является взаимодействие золотоносных растворов с ранее сформированными магнетитсодержащими скарнами и околоскарновыми пропилитами.

Таким образом, величину  $\delta^{34}\text{S}$  можно рассматривать как показатель температурных условий формирования золото-сульфидных руд. Нулевые и положительные значения ( $\delta^{34}\text{S} > 0$ ) характерны для высокотемпературных образований — скарнов, эпидот-хлоритовых-альбитовых пропилитов, наиболее низкие значения ( $\delta^{34}\text{S} < -4\text{‰}$ ) могут рассматриваться как проявления наиболее низкотемпературной минерализации. Наибольшей золотоносностью обладает пирит с промежуточными значениями  $\delta^{34}\text{S}$ , основная часть которых группируется в интервале от 0 до  $-2\text{‰}$ . Наиболее вероятно, что данная закономерность связана с резким (на 1 – 2 порядка) снижением растворимости сульфидных комплексов золота вблизи фазовой границы пирит/магнетит (Рисунок 4.1).

В целом для золотоносного пирита установлены узкие диапазоны вариаций изотопного состава серы сульфидов при близости значений  $\delta^{34}\text{S}$  к метеоритному стандарту. Этот факт свидетельствует в пользу глубинного (мантийного) источника серы. А учитывая устойчивую тесную связь золота с серой и теллуrom, аналогичное происхождение можно предполагать и для основной массы рудного вещества.

Представленные физико-химические параметры образования руд месторождений Новогоднее-Монто и Петропавловское впоследствии были подтверждены другими исследователями. Например, Ю.Н. Ивановой [Иванова, 2015<sup>1</sup>] было установлено формирование оруденения ранней стадии в температурном интервале от 213 до 355 °C на месторождении Новогоднее-Монто, и в диапазоне 245 – 352 °C на месторождение Петропавловское. Температуры формирования руд кислотной поздней стадии установлены в диапазоне 146 до 209 °C и от 195 до 260 °C, соответственно.



1 — границы полей устойчивости рудных минералов; 2 — изолинии концентраций золота в растворе (в ppm). Цветом выделены области возможных вариаций изотопного состава серы пирита: желтым — в сторону положительных значений ( $\delta^{34}\text{S}$  от 0 до +4 ‰), голубым — в сторону отрицательных ( $\delta^{34}\text{S}$  от 0 до -12 ‰).

Рисунок 4.1 — Изолинии содержаний золота в гидротермальном флюиде на диаграмме соотношений полей устойчивости минералов и сульфидного комплекса золота в координатах pH /  $-\lg fO_2$  (по материалам ЦНИГРИ [Волчков, 2005ф, 2008ф])

Приведенные выше материалы позволяют сделать вывод о том, что формирование золотого оруденения Новогоненского рудного поля определяется развитием полиформационного гидротермально-метасоматического процесса скарново-пропилит-березитового типа, парагенетически связанного с эволюционным развитием единой РМС. При этом промышленные золотые руды были образованы здесь уже на ранней высокотемпературной стадии в период образования скарнов и хлорит-альбитовых пропилитов, что, в частности, характерно для скарново-порфировых меднорудных систем Урала [Минина, 1994].

Поздние тектоно-магматические процессы оказывали влияние на сформированные руды. Так, проведенными исследованиями установлены признаки ассимиляцией руд монцодиорит-порфиритами конгорского комплекса, выраженное в локальном обогащении этих пород Fe, Ti, Co, Mg, V, Mn, Cu, Zn, а также аномально «тяжелым» изотопным составом серы пирита монцодиорит-порфиринов ( $\delta^{34}\text{S} +3,8 \text{ ‰}$ ), что характерно для серы, мобилизованной при термальном метаморфизме сульфидов. Кроме того установлены признаки метаморфизма золото-скарновых руд месторождения Новогоднее-Монто дайками диабазов малоханмейского комплекса, что проявляется в «рафинировании» и укрупнении самородного золота, развитии высокотемпературной (около 600 °C) модификации пирротина на контактах диабазовых даек.

Вместе с тем, влияние поздних магматитов, в целом, не характеризуется значительными масштабами и выражается лишь в усложнении структуры рудных тел вследствие тектонической раздробленности, некоторой концентрацией золота в приконтактовых зонах даек и захвате дайковыми телами и малыми интрузиями поздних комплексов незначительного количества золота из сформированных руд. Кроме того, автором предполагается, что на месторождении Новогоднее-Монто на фронте внедрения силлообразного тела габбро-долеритов конгорского комплекса, сопровождаемого надвиганием и возникновением тектонического меланжа, могло происходить частичное уничтожение верхних частей ранее сформированных золотоносных скарново-магнетитовых залежей и зон «березитов».

\* \* \*

Имеющиеся данные по взаимоотношениям магматических образований, метасоматитов и руд Новогодненского рудного поля, а также полученные результаты минералого-геохимических исследований, позволяют предложить следующую геолого-генетическую модель формирования золотого оруденения [Андреев, 2006].

В качестве области генерации рудоносных образований автором рассматривается глубинный (мантийный) магматический очаг, на что указывают изотопные характеристики основной группы магматических образований рудного поля. Источник серы, формирующий сульфидную минерализацию, согласно изотопным данным — также мантийный, с ним можно связать и принос основной массы золота и других рудных компонентов.

Транзит магматических и рудоносных образований осуществлялся по системам крутопадающих региональных разрывов север – северо-западного и север – северо-восточного простираний, что предопределило формирование в области их пересечения проницаемой локальной рудоносной структуры (плутоногенного поднятия). Магматиты и рудные образования рассматриваются как производные единой РМС, стадийность становления которой нашла отражение и в формировании разных типов золоторудных образований.

Рудообразование проходило в две основных стадии.

**На ранней (щелочной) стадии** проходило образование известковых скарнов, которое завершилось формированием золото-сульфидно-магнетитового оруденения на месторождении Новогоднее-Монто, и, сменяющих их в фациальном ряду, хлорит-альбитовых метасоматитов, вмещающих золото-сульфидное прожилково-вкрапленное (штокверковое) оруденение на месторождении Петропавловское. Установленные физико-химические параметры этих типов оруденения указывают на то, что ранняя стадия протекала при повышении кислотности рудоносных растворов на фоне снижения температуры с 600 до 380 – 350 °С. Изменение состава растворов и температурного режима привело к формированию сульфидов с золотом.

**На поздней (кислотной) стадии** сформировались хлорит-кальцит-серицит-кварцевые метасоматиты («березиты»), вмещающие золото-сульфидно-кварцевое жильно-прожилковое оруденение. Оруденение этой стадии сформировалась в целом, на фоне падения температур в интервале 270 – 130 °С. Основные характеристики минерализации, в том числе типоморфные свойства кварца, кальцита и рудных минералов, полностью идентичны для обоих изученных месторождений Новогодненского рудного поля.

Промышленная значимость объектов рудного поля обеспечивается пространственным совмещением типов золотого оруденения ранней и поздней стадий. Кроме того, «поздние» золотосодержащие «березиты», как правило, не являющиеся промышленными в самостоятельном виде, могут служить характерным поисковым признаком (особенно на слабоэродированных площадях), указывающим на возможность обнаружения на глубине или флангах более богатых и объёмных «ранних» типов руд. Очевидно, что такой подход должен приниматься во внимание при определении направлений дальнейших геологоразведочных работ в пределах Малоуральского ВПП [Гирфанов, 2008, Андреев, 2021].

Локализация золотого оруденения контролировалась системой крутопадающих разрывов высоких порядков (сопряженных с региональными нарушениями), в сочетании с пологопадающими тектоническими зонами, сформировавшимися в области контакта пологих (силлообразных) тел магматитов при существенном значении состава рудовмещающих толщ. Последнее наиболее характерно для золото-сульфидно-магнетитового оруденения. Горизонты карбонат-содержащих пород и тела известняков имели принципиальное значение в формировании и локализации руд этого типа. В локализации зон «березитов» с золото-сульфидно-кварцевым жильно-прожилковым оруденением играли системы крутопадающих разрывов север – северо-западного, до субмеридионального простираний.

Рассмотренные представления об условиях формирования РМС Новогодненского рудного поля, по мнению автора, справедливы для золотосодержащих РМС всего Малоуральского ВПП. Об-



ласти развития таких систем в пределах ВПП отвечают рудным полям и узлам, в пределах которых закономерно (пространственно и генетически) совмещены месторождения золото-сульфидных руд штокверкового и золото-сульфидно-магнетитового скарнового типов, сопровождающиеся системой поздних минерализованных зон в разной степени золотоносных «березитов».

#### 4.1.2. Альтернативные точки зрения на генезис и время формирования золоторудных образований Новогодненского рудного поля

Представленные автором выше данные указывают на очевидную связь золотого оруденения объектов Новогодненского рудного поля с развитием РМС раннедевонского возраста — становлением интрузивных массивов и даек собского комплекса и связанных с ними золотоносных рудно-метасоматических образований. Однако, как на генезис магнетитовых залежей, так и на возраст золотого оруденения Новогодненского рудного поля и месторождения Новогоднее-Монто существуют альтернативные точки зрения, которые нельзя оставить без внимания.

##### **Возможные механизмы образования магнетитовых залежей**

Как рассмотрено А.И. Кривцовым [Кривцов, 1999], месторождения скарново-магнетитового типа определяют металлогенический профиль большинства ВПП восточного склона Урала. Такие месторождения широко распространены в Именновском, Краснотурьинском, Валерьяновском и других ВПП, где они эксплуатировались долгие годы.

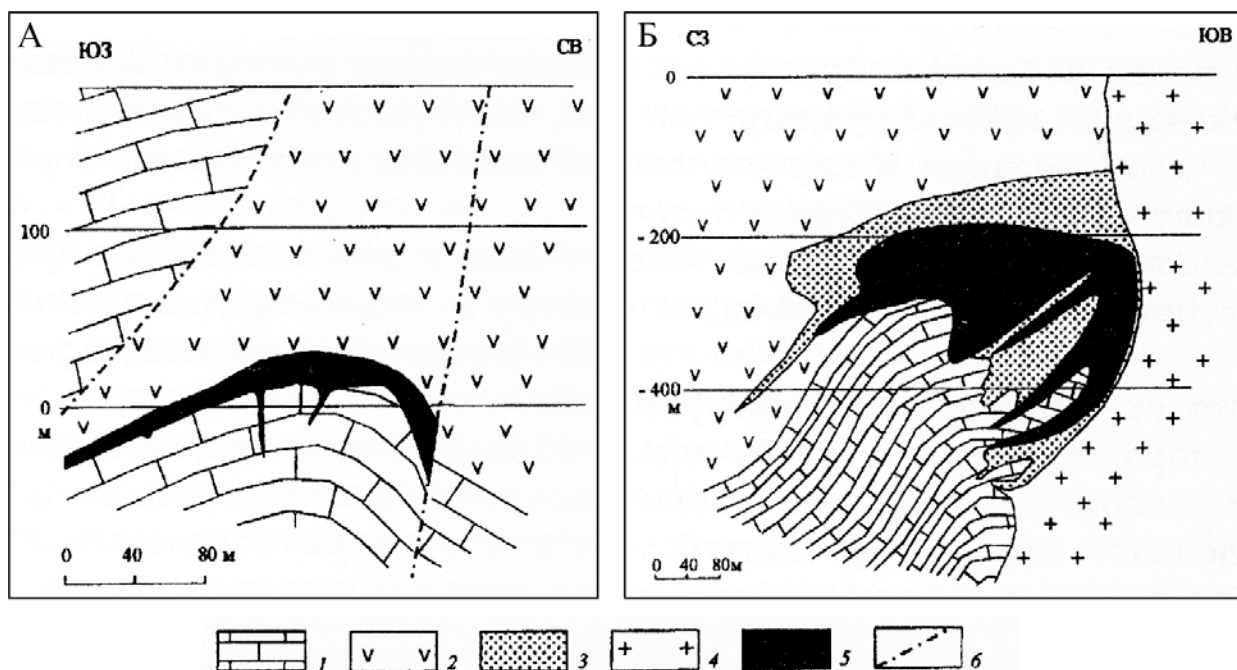
Железорудные месторождения, находящиеся в Именновском ВПП (Гороблагодатская, Высокогорская группы, Второе Северное рудное поле и др.), близким аналогом которого является Малоуральский ВПП с месторождением Новогоднее-Монто, считаются классическими представителями скарново-магнетитовой рудной формации и многократно описаны в различных работах включая учебные пособия. Данные месторождения, как и месторождение Новогоднее-Монто, приурочены к карбонатсодержащим породам базальт-андезитобазальтовой формации, прорванным гранитоидами с преобладающей натриевой щелочностью. Магнетитовые руды содержат до 10 % сульфидов — пирит, халькопирит, ковеллин, халькозин, сфалерит. Соответственно, ряд магнетитовых залежей обогащены медью и золотом до промышленных содержаний этих компонентов.

Как фациальный аналог скарнов с магнетитовыми залежами — бескарбонатные вулканы зачастую интенсивно альбитизированы, превращены в альбитовые или диопсид альбитовые метасоматиты (например, Лебяжинское месторождение) часто с прожилково-вкрапленной сульфидной, а иногда магнетитовой минерализацией, что очень близко к золотоносным метасомати-

там месторождения Петропавловское и околоскарновым метасоматитам месторождения Новогднее-Монто. Отмеченные метасоматиты обычно относят к внешним зонам скарнообразования [«Железорудные ...», 1989].

Железорудные месторождения Краснотурьинского ВПП сосредоточены в Ауэрбаховском рудном районе. Они отчетливо контролируются положением кровли известняков фроловско-васильевской толщи и ее контактами с диоритами краевых частей Ауэрбаховского интрузива (Песчанская, Воронцовская группы, Ауэрбаховское, 34-ый Квартал и др.). Магнетитовые залежи Северо-Воронцовского и Ново-Песчанского месторождений наиболее близки по позиции (относительно известняков) и морфологии залежам месторождения Новогднее-Монто (Рисунок 4.2).

Основная магнетитовая залежь Северо-Воронцовского месторождения имеет пластообразную форму, располагается в кровле известняков, подчиняясь структуре образованной ими небольшой антиклинали при наличии со стороны лежащего бока крутых секущих апофиз (см. Рисунок 4.2 а). Магнетитовая залежь Ново-Песчанского месторождения обладает более сложной формой. Основная её часть располагается в кровле известняков, выклиниваясь по падению. Эта субсогласная часть залежи сопряжена с секущими апофизами, проникающими в известняковую толщу и пересекающими ее в экзоконтактовой зоне диоритового массива (см. Рисунок 4.2 б). Залежь сопровождается ореолом скарнирования, особенно интенсивного в породах висячего бока.



1 — известняки, 2 — вулканогенно-осадочные породы, 3 — скарны, 4 — диориты, 5 — магнетитовые тела, 6 — разломы.

Рисунок 4.2 — Морфология скарново-магнетитовых залежей Северо-Воронцовского (А) и Ново-Песчанского (Б) месторождений (по А.И. Кривцову и О.В. Мининой [Кривцов, 1999])

Крутопадающие линзовидные и жилообразные магнетитовые залежи в секущих дорудных разломах известны на ряде участков Фроловского, Ново-Фроловского и Вадимо-Александровского месторождений.

Обращая внимание на то, что скарны и скарнированные породы на магнетитовых месторождениях сосредоточены не только в экзоконтактах интрузивных массивов, а в существенном объеме и над магнетитовыми залежами (в том числе и в случае отсутствия рядом плутонитов), А. И. Кривцовым [Кривцов, 1999] выдвигалась гипотеза, что «не магнетитовые тела приурочены к скарнам, а магнетитовые тела сопровождаются скарнированием прилегающих и вышележащих пород». Иными словами, А.И. Кривцовым допускается, что магнетитовые тела оказывают преобразующее воздействие на вмещающие породы. Подобного рода процессы возможны при регенерации ранее возникших руд под воздействием флюидно-термального фронта более поздних интрузивов. При этом, на основе работ Н.М. Беляшова [Беляшов, 1983] и Я.Н. Белевцева и др. [Белевцев, 1982] А.И. Кривцовым рассмотрена возможность вулканогенно-осадочного происхождения «первичных» руд. Такая модель может объяснить стратиформность магнетитовых тел, их этажное размещение, наличие слоистых залежей, фациальные переходы между магнетитовыми телами и вмещающими породами. Вместе с тем, по мнению А.И. Кривцова, возникновение высокотемпературных минеральных ассоциаций во вмещающих породах (в т.ч. и над: магнетитовыми залежами) практически невозможно объяснить процессами субмаринного рудонакопления, при которых любые надрудные толщи естественно представляют собой послерудные образования.

Учитывая геологическую информацию, полученную автором по месторождению Новогоднее-Монто, можно предположить, что именно позиция скарнов над телами магнетитовых залежей обеспечили возникновение последних. Гранат-пироксеновые скарны — очень плотные и вязкие породы слабо подверженные трещиноватости могли являться естественным экраном для магнетитового рудоотложения, которое приурочено к контактам известняков и вулканогенно-осадочных пород, где, вероятно, учитывая неравнозначные физические свойства данных пород, возникли благоприятные условия для формирования трещиноватости и проникновения рудоносных растворов.

Еще одна альтернативная и достаточно экзотичная рудогенетическая модель, рассмотренная А.И. Кривцовым [Кривцов, 1999], базируется на примере эффузивно-экструзивной природы магнетитовых тел четвертичного месторождения Эль Лако в Чили [Кривцов, 1997]. К типу Эль Лако принадлежат и более древние месторождения Чили, залежи которых находятся в обстановках, весьма сходных со многими железорудными районами Урала.

Исходя из главных закономерностей размещения скарново-магнетитовых месторождений в ВПП Урала, А.И. Кривцов предполагает относить магнетитовые залежи к полигенным образованиям при ведущей роли магнетитовых расплавов, выведенных в зоны рудонакопления в эффузивно-экструзивной и инъекционной форме. Происхождение магнетитовых расплавов объясняется переплавлением субстрата ВПП, в котором достаточно велика доля железосодержащих образований. Тем самым, для прогнозных построений при таком варианте образования магнетитовых залежей решающее значение имеет литолого-стратиграфический контроль рудных тел, отражающий не фациальную «благоприятность» тех или иных отложений, а время выведения рудных расплавов и синвулканического эксгальационно-осадочного рудогенеза.

В то же время рядом исследователей образование «магнетитовых лав» считается невозможным. В том числе подчеркивается, что магнетит с изотопным составом кислорода  $> 0$  связан с первично магматическим источником [Troll, 2019 и др.]. Вместе с тем, магматическая гипотеза происхождения магнетитовых руд не означает, что массивный магнетит, образующий пластовые залежи, образовался непосредственно из магматического расплава. Именно результаты изотопных исследований показывают, что залежи образовались в «субвулканических» (гипабиссальных) условиях под действием высокотемпературных постмагматических растворов.

А.П. Лихачевым [Лихачев, 2017] указывается, что при своем образовании магнетит использует «внешний», преимущественно растворенный в воде кислород с обычно пониженным содержанием  $^{18}\text{O}$ , из которого предпочтительно извлекает  $^{16}\text{O}$ . Вследствие этого магнетит практически постоянно отличается более низкими значениями  $\delta^{18}\text{O}$ , чем ассоциирующие с ним минералы, являющиеся в основном носителями «силикатного» кислорода, которому свойственны более высокие значения  $\delta^{18}\text{O}$ . Иначе говоря, существующие фактические данные свидетельствуют о том, что магнетит и его рудные скопления в основном представляет собой вещество, железо которого является первично мантийным материалом, а кислород — экзогенным. Невозможность массового образования магнетита за счет кислорода мантии обусловлена составом мантийных магм («дефицитом» в них кислорода), не допускающим выделение оксидов железа при их кристаллизации. Образование магнетита и его рудных скоплений происходит в магматических и гидротермальных процессах, осуществляющихся в открытых условиях, при доступе в систему свободного кислорода. Предпочтительным местом массового образования магнетита являются территории и структуры земной коры, обеспечивающие поступление и глубинное проникновение поверхностных вод, насыщенных свободным кислородом.

#### **Возможное время формирования оруденения и метасоматитов Новогоненского рудного поля**

Определение времени «жизни» рудно-магматической системы и периода формирования связанной с ней руды всегда сложный вопрос, который зачастую остается без конкретного ответа.



Для ВПП Урала остается достаточно популярной версия о образовании ряда золоторудных месторождений в период так называемой «мезозойской (в разных районах — от конца перми до начала юры) тектоно-магматической активизации» [Золоев, 1998; Душин, 1997 и др.], не смотря на их тесную пространственную связь с силурийскими и девонскими интрузивными комплексами. Это касается и района месторождения Новогоднее-Монто, а особенно широко такой подход применяется для Ауэрбаховского рудного района Северного Урала с Воронцовским золоторудным месторождением и его периферии.

Не смотря на очевидную приуроченность Воронцовского месторождения к эндоконтактовому ореолу влияния крупного Ауэрбаховского гипабиссального интрузивного массива ранне-среднедевонского возраста, во многих работах (в том числе в многочисленных отчетах по поисковым и прогнозным работам на золото, которые в рамках настоящей работы автором не перечисляются) обосновывается возраст присутствующих на Воронцовском месторождении и ряде проявлений наиболее поздних метасоматических образований — золотоносных аргиллизитов с тектоно-магматическими процессами триас-юрского возраста, выраженных в геологическом плане практически только полями даек основного состава и надвиговым характером разломов этого времени.

Для района месторождения Новогоднее-Монто возраст этого этапа активизации предполагается триасовым и геологически он выражается дайками диабазов и лампрофиров малоханмейского комплекса, что было рассмотрено в главе 1 настоящей работы.

В отношении месторождений, где оруденение тесно ассоциирует с интрузивными массивами — медно- и золото-порфировые, медно- и золото-скарновые и многие другие, попытки решения задачи о возрасте оруденения решаются в последние десятилетия путем сравнения абсолютного возраста потенциально рудоносных интрузивов и рудных минералов сопровождающей их минерализации (молибденит, пирит и др.). Такие эксперименты, часто показывают достаточно большие расхождения в возрасте интрузивов и рудных минералов — в десятки, а иногда первые сотни миллионов лет, что не всегда находит доказуемых объяснений.

Для месторождения Новогоднее-Монто также было выполнено определение абсолютного возраста рудных минералов. Такие данные привел в своей статье коллектив авторов из СПбГУ, ИГГД РАН, ИГЕМ РАН, РУДН, ГЕОХИ РАН [Yakubovich, 2021]. Данные определения были выполнены по пиритам, отобранных на месторождении, с помощью нового U-Th-He геохронологического метода.

Как уже отмечалось, возраст потенциально рудоносного собского комплекса не вызывает сомнений и составляет для разных его фаз и в разных районах Малоуральского ВПП от 400 до 408 млн лет. Возраст явно пострудных даек монцодиоритов конгорского комплекса определен рядом исследователей, в том числе и автором, также однозначно — 382 – 384 млн лет. Рудо- и

интрузивовмещающая тоупугольская вулканогенно-терригенно-карбонатная толща имеет возраст S<sub>2</sub>-D<sub>1</sub>. Учитывая эти данные можно оценить результаты, полученные О. Якубович с соавторами, и попытаться их интерпретировать.

В рассматриваемой публикации приводится 6 определений возраста пиритов месторождения Новогоднее-Монто (Рисунок 4.3).

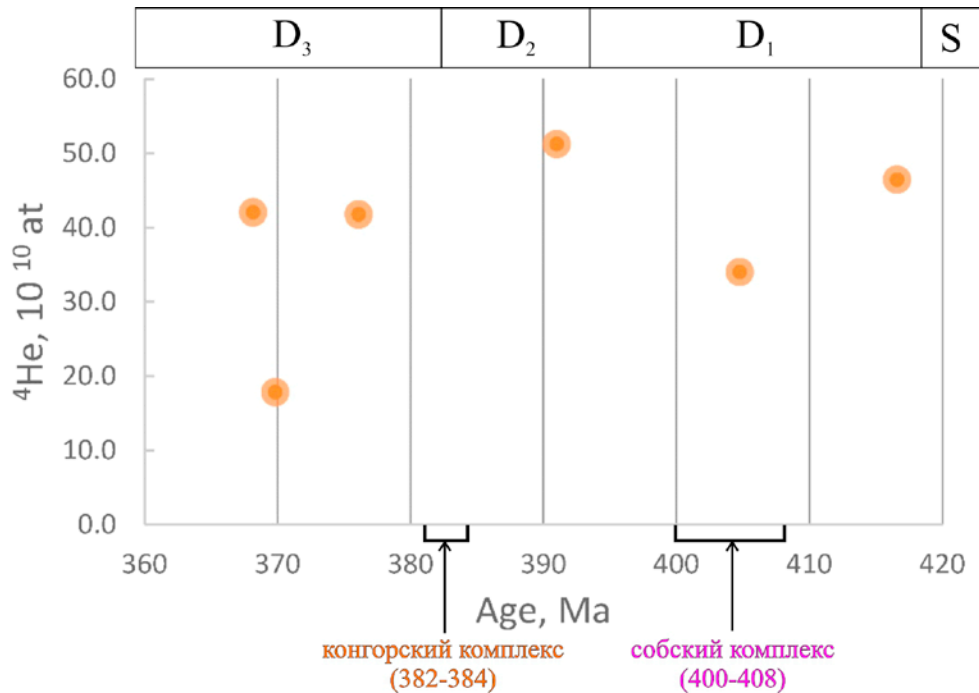


Рисунок 4.3 — Результаты определения абсолютного возраста пиритов месторождения Новогоднее-Монто U-Th-He методом [Yakubovich, 2021] и сравнение с возрастными датировками собского и конгорского интрузивных комплексов

Самая древняя датировка — порядка 416 млн лет (лохковский ярус нижнего девона) явно указывает на доинтрузивное образование данного пирита, вероятно, в связи с вулканической деятельностью при формировании рудовмещающей тоупугольской толщи. Второе определение — 405 млн лет в целом соответствует возрастным датировкам собского рудоносного интрузивного комплекса. Остальные датировки пиритов значительно моложе собских интрузивов — 391, 376, 370 и 368 млн лет. Эти определения показывают, что пириты формировались как во временном интервале между внедрением интрузий собского и даек конгорского комплексов, так и в пост-конгорское время, вплоть до позднего девона (фаменский век), что может быть связано, в том числе, и с позднедевонской активизацией, отражающейся во внедрении даек диабазов (предполагается по аналогии с дайкам основного-среднего состава (диабазы, андезиты) в районе Воронцовского месторождения и на его периферии, которые условно датируются поздним девонем).

Попытка автора с коллегами определить в свое время возраст метасоматитов («березитов») месторождения Новогоднее-Монто [Волчков, 2005ф], также показала интересные результаты.

В связи с тем, что наиболее распространенные на месторождении рудовмещающие кальциевые метасоматиты (скарны и пропилиты) не пригодны для датирования изотопно-геохронологическими методами. Это справедливо и по отношению к гидротермальным рудным жилам, сложенным практически полностью кварцем, сульфидами и карбонатами. Поэтому для определения возраста рудного процесса была использована методика Rb-Sr датирования околорудных метасоматитов, успешно опробованная на ряде золоторудных месторождений России [Костицын, 1996 и др.].

Для изохронного Rb-Sr-датирования гидротермально-метасоматических систем необходимо использовать максимально метасоматически проработанную первично-однородную в изотопном отношении породу. Большая сложность заключена и в малом числе новообразованных метасоматических минералов. В центральной зоне «березиты» сложены только мусковитом и кварцем. Последний минерал практически лишён Rb и Sr, такой метасоматит с точки зрения изотопного датирования — мономинеральный.

Для преодоления отмеченных препятствий был применяется нетрадиционный метод датирования — метод *мономинеральных* изохрон, заключающийся в том, что для построения изохроны используют несколько фракций одного минерала. Разделение минералов на фракции проводят по физическим свойствам. Наиболее просто этого достичь при разделении минералов по плотности и магнитным свойствам.

Метод мономинеральных изохрон основан на предполагаемой неоднородности кристаллизующегося минерала по распределению микропримесей, в частности — рубидия и стронция. Если по разным фракциям одного минерала получена *изохрона*, она определяет время возникновения этой неоднородности в распределении Rb и Sr в минерале. Для метасоматической породы это время соответствует возрасту ее формирования. В рассмотренном ниже случае — это возраст процесса неравномерной мусковитизации плагиоклазов, сопровождавшейся привнесом Rb.

Для датирования выбран «березитовый» (кальцит-серицит-кварцевый) метасоматит со значительным количеством привнесенного Rb (129,5 ppm). Основная масса породы окварцована, в существенном количестве присутствуют выделения пирита в ассоциации с хлоритом и кальцитом. Результаты изотопно-геохимических исследований пирита свидетельствуют о его принадлежности к позднему «березитовому» этапу рудообразования.

Результаты определения концентраций рубидия и стронция методом изотопного разбавления и изотопного состава стронция представлены в таблице (Таблица 4.1) и на Рисунок 4.4.

Полученный результат — 360,3 млн лет (конец фаменского века), указывает, что исследованный метасоматит образовался на 20 млн лет позднее, чем внедрились дайки конгорского комплекса и даже моложе, чем самые молодые датировки пиритов, определенные О. Якубович с соавторами.

Объяснение такого большого разрыва в возрастах внедрения интрузивов рудоносного собского комплекса, пострудных даек конгорского комплекса и «березитов» может быть объяснено только тем, что процессы мантийного магматизма, метасоматизма и рудообразования в пределах месторождения Новогоднее-Монто и его рудного поля протекали, вероятно, циклично в период около 40 млн лет (400 – 360 млн лет). При таком длительном процессе, на фоне постоянных тектонических воздействий, образования новых разрывных нарушений и проводящих зон трещиноватости, могло происходить неоднократное образование метасоматитов, привнос, перераспределение и переотложение рудного вещества.

Таблица 4.1 — Изотопный состав стронция и концентрации Rb и Sr в минеральных фракциях образца «березитов» месторождения Новогоднее-Монто (по материалам исследований автора [Волчков, 2005ф])

| Фракция                                               | Rb, ppm | Sr, ppm | $^{87}\text{Rb}/^{86}\text{Sr}$ | $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$ |
|-------------------------------------------------------|---------|---------|---------------------------------|---------------------------------|
| Вал                                                   | 99.3    | 184.3   | 1.560                           | 0.712841                        |
| Основная масса (плотность < 2.5 г/см <sup>3</sup> )   | 74.7    | 205.4   | 1.052                           | 0.710124                        |
| Основная масса (плотность 2.5-2.6 г/см <sup>3</sup> ) | 81.5    | 242.2   | 0.973                           | 0.709726                        |
| Основная масса (плотность 2.6-2.7 г/см <sup>3</sup> ) | 82.3    | 184.1   | 1.294                           | 0.711335                        |
| Плагиноклаз вкрапленников серицитизированный          | 87.6    | 245.0   | 1.035                           | 0.710072                        |
| Псевдоморфозы серицита по плагиноклазу                | 180.5   | 213.0   | 2.454                           | 0.717345                        |
| Мусковит в сростках с полевыми шпатами                | 169.4   | 112.2   | 4.379                           | 0.727176                        |
| Мусковит (мономинеральная фракция)                    | 1913.0  | 660.0   | 8.418                           | 0.747943                        |

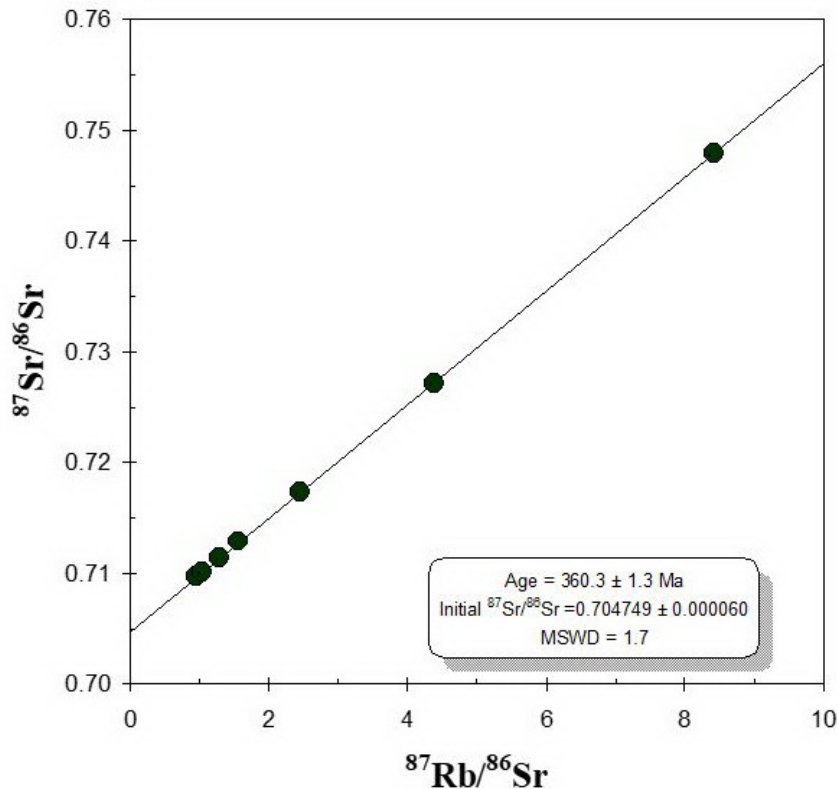


Рисунок 4.4 — Изохрона для минеральных фракций «березита» месторождения Новогоднее-Монто (по материалам исследований автора [Волчков, 2005ф])



#### 4.2. Разноранговая (рудный узел – рудное поле – месторождение) прогнозно-поисковая модель объектов Малоуральского ВПП

Обширный материал, полученный автором при изучении объектов Новогодненского рудного поля, Тоупугол-Ханмейшорского рудного узла и других районов Малоуральского ВПП, изложенный в предыдущих разделах настоящей работы, явился основой для разработки актуализированной прогнозно-поисковой модели золоторудных объектов Малоуральского ВПП [Андреев, 2016, 2021], которая позволяет выделять новые перспективные площади для постановки поисковых работ, повышать эффективность их проведения и достоверность оценки выявляемых объектов, в том числе на ранних стадиях изучения.

В качестве основных элементов прогнозно-поисковой модели, в соответствие с принятыми методическими требованиями [«Оценка...», 2002], автором определены поисковые критерии и признаки, сгруппированные в следующий ряд.

**Формационные.** Данная группа признаков наиболее важна при выделении перспективных площадей ранга рудного узла. Рудообразование в пределах Новогодненского рудного поля и в целом Малоуральского ВПП тесно связано со становлением интрузивных массивов собского комплекса (D<sub>1</sub>) габбро-кварцдиорит-тоналитовой формации, образующей с базальт-андезитобазальтовой вулканогенно-терригенно-карбонатной формацией (S<sub>2</sub>-D<sub>1</sub>) продуктивную ВПА рассматриваемого ВПП. Породы ВПА в свою очередь являются и основными рудовмещающими образованиями. В качестве перекрывающих могут выступать образования трахибазальт-трахидацитовой (D<sub>2</sub>) и терригенно-карбонатной (D<sub>2-3</sub>) формаций; прорывающих — габбро-монцодиоритовой (D<sub>2-3</sub>) и диабазовой (D<sub>3</sub>-T?); подстилающих — недифференцированной базальтовой (O<sub>2-3</sub>) и флишеидной (O<sub>3</sub>-S<sub>1</sub>) формаций.

Наличие и масштабы проявленности тех или иных перечисленных образований в пределах прогнозных площадей могут указывать в том числе на степень эродированности продуктивных рудно-магматических систем (РМС).

**Магматические и литолого-фациальные.** Формирование золотого оруденения связано с этапом становления гипабиссальных фаз собского комплекса, тем самым, для перспективных площадей в ранге рудного узла и рудного поля и рудных объектов характерно присутствие штоков и поясов даек диоритов, кварцевых диоритов и их порфировидных и порфировых разностей, сопровождающих и контролирующих оруденение. Для формирования золото-сульфидно-магнетитового оруденения обязательным условием является присутствие в ореоле высокотемпературного воздействия интрузивных тел карбонатных или карбонатсодержащих пород, по которым

или в области контактов которых формируются рудовмещающие скарны со сплошными (сульфидно)-магнетитовыми телами и прожилково-вкрапленной сульфидно-магнетитовой минерализацией.

**Структурные.** В масштабе рудного узла данная группа критериев и признаков отражена тектоно-магматической депрессией диаметром около 10 км, образованной в краевой части крупного гранитоидного массива собского комплекса и выполненной среднепалеозойскими вулканогенно-осадочными породами. Депрессия в свою очередь осложнена локальными плутогенными (тектоно-магматическими) поднятиями, которые соответствуют золоторудным полям и выражены сериями штокообразных интрузивов диорит-кварцдиорит-тоналитового состава, телами пород порфировых фаз рудоносного интрузивного комплекса, а также скоплениями разновозрастных пострудных интрузивных штоков и даек. Золоторудные объекты располагаются в интенсивно тектонически дислоцированных экзоконтактовых и надынтривных частях штоков гранитоидов рудоносного комплекса, осложненных апофизами, поясами разновозрастных даек «пестрого» состава, флексуорообразными складками, субвертикальными зонами трещиноватости и рассланцевания. Рудовмещающие зоны трещиноватости и рассланцевания тяготеют к ориентировке близкой к субмеридиональной (в соответствии с направлением основных структур УСС).

**Метасоматические.** Разнотипное золотое оруденение сопровождается полями продуктивных гидротермальных изменений пород различной интенсивности — известковыми скарнами с магнетитовыми залежами, хлорит-альбитовыми и альбитовыми метасоматитами, зонами кварц-хлорит-кальцит-серицитовых метасоматитов («березитов») с кварцевыми прожилками и осевыми жилами. Как правило, перспективы прогнозируемого объекта значительно повышаются при пространственном совмещении в его пределах каких-то двух или всех трех типов продуктивных метасоматитов.

Масштабы и интенсивность проявленности различных продуктивных метасоматических изменений, может отражать в том числе и степень эродированности прогнозируемого объекта. Так, выведенные на современную поверхность скарны и альбит-хлоритовые высокотемпературные метасоматиты отражают умеренный эрозионный срез РМС, а широкое распространение «березитов» или даже аргиллизитов может указывать на слабую эродированность и существенные перспективы выявления богатых руд на глубине.

Периферию продуктивных метасоматитов слагают ореолы — сотни метров — пропилизированных (актинолит-эпидотовая, эпидот-хлоритовая и карбонат-хлоритовая фации пропилитов) безрудных или слабоминерализованных пород, в пределах которых могут присутствовать линейные зоны непродуктивных или слабозолотоносных «березитов», подчиненные разнонаправленной трещиноватости.

**Рудно-минералогические.** В соответствии с типами рудолокализирующих метасоматических изменений выделено три главных структурно-вещественных типов золотого оруденения, сформированных на двух стадиях рудно-метасоматического процесса. «Ранние» типы — золото-сульфидно-магнетитовый в ассоциации со скарнами и золото-сульфидный штокверковый («порфирового стиля») в хлорит-альбитовых метасоматитах, и «поздний» тип — золото-сульфидно-кварцевый жильно-прожилковый в зонах «березитов».

В пределах единого месторождения характерно пространственное сочетание в различных соотношениях нескольких структурно-вещественных типов, масштабы проявления которых на конкретных объектах обусловлены как особенностями геологического строения, так и закономерностями формирования золотого оруденения во времени. Так, в пределах месторождения Новогоднее-Монто («новогодненский» тип золотого оруденения) на ранней стадии рудообразования сформированы золото-сульфидно-магнетитовые руды в скарнах, возникновение которых обусловлено наличием карбонатных и карбонатсодержащих пород вовлеченных в рудный процесс, на поздней стадии — зоны «березитов» с золото-сульфидно-кварцевыми рудами. В пределах месторождения Петропавловское («петропавловский» тип) ранняя стадия рудообразования представлена прожилково-вкрапленными золото-сульфидными рудами в хлорит-альбитовых метасоматитах, образованными в связи с формированием порфировых интрузий, а поздняя стадия — также зонами «березитов» с минерализацией золото-сульфидно-кварцевого типа.

Выделенные структурно-вещественные типы руд отличаются в первую очередь набором минеральных ассоциаций и условиями образования золотой минерализации, подробно рассмотренными в предыдущих разделах. Совмещение в пространстве «ранних» и «поздних» типов оруденения может указывать на большую продуктивность золоторудных объектов, что обусловлено более длительным развитием рудного процесса. При этом, оруденение «ранних» стадий для рассматриваемых месторождений является основным концентратором золота (до 80 % запасов месторождений).

В масштабе рудного узла или района может быть проявлена пространственная ассоциация золоторудного и, как правило, непромышленного медно-порфирового оруденения (Ханмейшорское рудопроявление Тоупугол-Ханмейшорского узла, Элькошорское рудопроявление одноименного рудного узла южной части Малоуральского ВПП), что характерно для комплексных рудных районов Урала, расположенных в пределах вулканоплутонических поясов [Барышев, 1991ф; Кривцов, 1999].

**Минералогические.** Для золото-сульфидно-магнетитового структурно-вещественного типа оруденения в скарнах главными рудными минералами являются магнетит, пирит, кобальтин и халькопирит; редкими — пирротин, арсенопирит, сфалерит, марказит, гематит. Содержание сульфидов в рудах варьирует от 5 – 10 % до 80 – 90 %. Золото свободное, представлено двумя

разновидностями — высокопробным (900 – 990 ‰), присутствующим преимущественно в кобальтине и магнетите и средней пробности (760 – 880 ‰), ассоциирующим с халькопиритом, пиритом и жильными (хлорит, альбит, кварц) минералами.

Для золото-сульфидного типа оруденения в хлорит-альбитовых метасоматитах главным рудным минералом и основным носителем золота является пирит. Содержание пирита — от первых процентов до 15 – 20 %, реже до 50 %. Золотоносность данного типа руд определяется количеством пиритовой минерализации. Помимо пирита присутствуют магнетит (~1 %), халькопирит, пирротин. Пробность золота достаточно высокая — 830 – 870 ‰, сопоставимая с пробностью золота золото-сульфидно-магнетитовых руд.

Для золото-сульфидно-кварцевого оруденения в зонах «березитов» доля сульфидов составляет не более 10 % на месторождении Новогоднее-Монто, на Петропавловском месторождении — 1 – 1,5 %. Главный рудный минерал — пирит, достаточно характерным для этих руд минералом является галенит, встречаются сфалерит, гематит, арсенопирит, для месторождения Петропавловское характерен халькопирит. Самородное золото локализовано в пирите, галените, редко в халькопирите, и жильных минералах, имея существенную примесь Ag. В составе данного типа руд выявлена также золото-теллуридная минеральная ассоциация, проявленная в аномально обогащенных золотом (до первых сотен г/т) участках кварцевых жил, и прожилков. В составе ассоциации наряду с типовыми рудными минералами «березитов» — пиритом и галенитом, проявлены алтаит, петцит и гессит. Пробность золота данной ассоциации достаточно высокая, колеблется в пределах 830 – 860 ‰. Стволовая мощность таких богатых участков составляет 1 – 2 м, реже 3 – 5 м, выявлены единичными подсечениями, и достоверно условия локализации, масштабы распространения и доля этих руд в балансе месторождений пока не установлена.

**Изотопно-геохимические.** Сульфиды «ранних» структурно-вещественных типов оруденения, характеризуются низкوپоложительными значениями  $\delta^{34}\text{S}$  (для золото-сульфидно-магнетитового  $\delta^{34}\text{S} = +0,5 - +2,5$  ‰, для золото-сульфидного в хлорит-альбитовых метасоматитах  $\delta^{34}\text{S} = 0 - +2$  ‰), золотоносный пирит «поздних» зон «березитов» заметно обогащен легким изотопом серы ( $\delta^{34}\text{S} = 0 - -2$  ‰), а пирит золото-теллуридной минеральной ассоциации имеет аномально отрицательные значения  $\delta^{34}\text{S}$  (-2,5 до -4,5 ‰).

Магнетит золотосодержащих объектов (проанализирован магнетит месторождения Новогоднее-Монто, скарновых проявлений Тоупугол-Ханмейшорского рудного узла и ряда проявлений более южных районов Малоуральского ВПП) характеризуется интервалом  $\delta^{18}\text{O}$  от -1,4 до -3,7 ‰; магнетит непродуктивных на золото залежей отличается резко пониженными значениями  $\delta^{18}\text{O}$  (до -6 – -10 ‰); прожилково-вкрапленная магнетитовая минерализация и маломощные залежи характеризуются положительными значениями  $\delta^{18}\text{O}$  (+1,4 – +8 ‰), что сходно с изотопным



составом акцессорного магнетита интрузивных пород (+1,7 – +6 ‰) — наиболее высокие значения  $\delta^{18}\text{O}$  (+13 – +25 ‰) установлены у магнетита из известняков и кварцевых прожилков.

**Морфологические.** Рудные тела, в соответствии с типами оруденения, различную морфологию. Золото-сульфидно-магнетитовые руды представлены субпластовыми магнетитовыми и сульфидно-магнетитовыми линзо- и пластообразными залежами, субсогласными зонами прожилково-вкрапленной магнетитовой и сульфидно-магнетитовой минерализации в скарнированной вулканогенно-карбонатной толще. При этом пластообразные залежи характерны для верхних частей месторождения Новогоднее-Монто — в кровле рифогенной постройки мраморов, а прожилково-вкрапленные — для руд, подстилающих мрамора. Золото-сульфидные руды в хлорит-альбитовых метасоматитах Петропавловского месторождения представлены крупнообъемными линейно-изометричными штокверкоподобными телами сульфидной (преимущественно пиритовой) минерализации в эндо-экзоконтактах порфировых интрузий. Золотоносные зоны «березитов», распространенные на обоих месторождениях представлены крутопадающими жильно-прожилковыми сульфидно-кварцевыми зонами с осевыми золотоносными малосульфидными кварцевыми жилами.

**Экзогенные.** Россыпная золотоносность не характерна для рудного узла. Несмотря на преимущественно свободную форму нахождения золота в рудах, мелкие размеры золотин препятствуют его аккумуляции. Для выявленных по водотокам знаков золота характерна уплощенная форма, шероховатая поверхность с пятнами гидроксидов железа, что свидетельствует о близкой связи с коренными источниками.

Кора выветривания золоторудных объектов остаточная, небольшой мощности (0,5 – 10 м), представлена нижними горизонтами гипергенного профиля — зоной дезинтеграции и нижней частью зоны гидратации, состоит из пестроцветного щебнисто-песчано-глинистого материала. Наиболее интенсивно кора выветривания развивается по зонам «березитов» с золото-сульфидно-кварцевой минерализацией, имея гнездовый и линейно-трещинный характер. Наибольшей глинизации подвергаются участки зон «березитов», сложенные существенно серицитовыми метасоматитами и характеризующиеся повышенной золотоносностью.

Учитывая преобладание на месторождениях тонкого и тонкодисперсного золота, основными его концентраторами в коре выветривания являются гипергенные образования: землистые гидроксиды железа (72,7 – 201 г/т), плотные гидроксиды железа (17,18 – 71,7 г/т) и минералы глинистой фракции (49 – 57 г/т).

**Геохимические.** В масштабе рудного узла перспективные площади выражены геохимическими ореолами Au-As-Ag и Cu-Mo [Степанов, 2007ф], установленными при геохимических работах м-ба 1:200 000 – 1:100 000. Рудные поля выражены крупными слабо контрастными, комплексными геохимическими аномалиями Au (0,002 – 0,05 г/т), Ag (0,06 – 1 г/т), Cu (50 – 100 г/т),

в меньшей степени Hg (4 – 7 и более г/т) (характерны в основном для месторождения Петропавловское) — масштаб геохимических съемок 1:50 000 – 1:25 000 [Юшко, 2007ф]. К периферии золоторудных объектов приурочены ореолы Mo. Максимумы концентраций Au, Ag и Cu фиксируют близповерхностное золотое оруденение, зональные ореолы Cu и Mo — выступы интрузивных массивов, проявления медно-порфировой минерализации.

В масштабе месторождения (детальные геохимические работы масштабов 1:10 000 — 1:5 000) [Волчков, 2001ф] во вторичных ореолах рассеяния как золото-сульфидно-магнетитовая, так и золото-сульфидно-кварцевая минерализация месторождения Новогоднее-Монто достаточно достоверно выражена совмещенными в пространстве ореолами рассеяния Au (от 0,005 до 1 г/т), Ag (от 0,012 до 100 г/т) и Cu (от 100 до 1000 г/т). Аномалии Pb (30 до 1000 г/т) присутствуют только над зонами «березитов», однако высокий геохимический фон свинца, сопоставимый с «рудным» имеют неминерализованные известняки, что следует учитывать при интерпретации геохимических данных. Для флангов золото-магнетитовых тел и для зон «березитов» характерны ореолы Mo (2 – 15 г/т). В целом, в контуре ореола золота выделена Cu–Pb–Ag–(Mo)–Co ассоциация. Наиболее надежно аномальные геохимические поля выделяются по значениям мультипликативного показателя  $Au \times Cu \times Ag \times Mo$ , контрастность которого достигает 4 – 5 математических порядков.

Учитывая минеральный состав руд и присутствие во всех установленных типах оруденения мышьяковых минералов (кобальтин, арсенопирит), во вторичных ореолах мышьяк также должен проявляться, у автора не было возможности получить результаты концентраций этого элемента в ВОР для рудного поля и месторождений.

Для первичных ореолов золото-сульфидно-магнетитовых руд характерны Ag, Co, As, Cu, где морфология и внутренняя структура ореолов Co и As полностью повторяет морфологию ореола Au; для фланговых частей магнетитовых тел и магнетитсодержащих скарнов характерны ореолы Cu, Ag, Zn, Hg, реже — Pb, обширные слабоинтенсивные ореолы Zn также присутствуют в средних частях магнетитовых залежей, а Ag в магнетитсодержащих скарнах. Зоны «березитов» сопровождаются ореолами Ag, Hg. Mo. В мраморах проявлена геохимическая ассоциация Pb, Mo, Zn и Ag. Комплексные геохимические ореолы, наиболее четко отражающие золотое оруденение и его зональность, представлены следующими мультипликативными значениями:  $Co \times Cu \times Ag \times As$ ,  $Co \times Cu \times Ag \times As / Sr \times Cr \times Ti \times V$ ,  $Mo \times Pb \times Ag \times As$  (последнее — для зон «березитов») [Трофимов, 2004ф].

**Геофизические.** Рудный узел характеризуется кольцевой аномальной областью с мозаично-радиально-концентрическим характером знакопеременного магнитного поля и распределения калия на фоне более однородных и упорядоченных геофизических полей прилегающих безрудных территорий (по данным аэромагнитной съемки и АГСМ м-ба 1:200 000).

Новогодненское рудное поле фиксируется геофизическими полями по следующим признакам: область совмещения аномалий ВП и магнитного поля; область пересечения широких полосовидных зон повышенных относительно фона значений ВП восток-северо-восточного и запад-северо-западного направлений; участки относительно пониженных удельных электрических сопротивлений; зоны линейных градиентов физических полей, маркирующие активизированные (в т.ч. рудоносные) разрывные нарушения (по материалам съемок м-бов 1:50 000 – 1:25 000).

Для оруденения скарного золото-сульфидно-магнетитового типа обязательным является наличие контрастных магнитных аномалий интенсивностью  $p \cdot 1000$  нТл, фиксирующих магнетитовые тела, окруженных широким (100 – 200 м) ореолом пониженных (часто отрицательных) значений магнитного поля. Потенциальная продуктивность магнетитовых залежей на золото-сульфидное оруденение должна подчеркиваться наличием положительных аномалий кажущейся поляризуемости (интенсивностью не менее 1,4 %) полностью или частично совмещенных с положительными магнитными аномалиями (достаточно достоверно выделяются как в детальном масштабе 1:10 000, так и в масштабе 1:25 000).

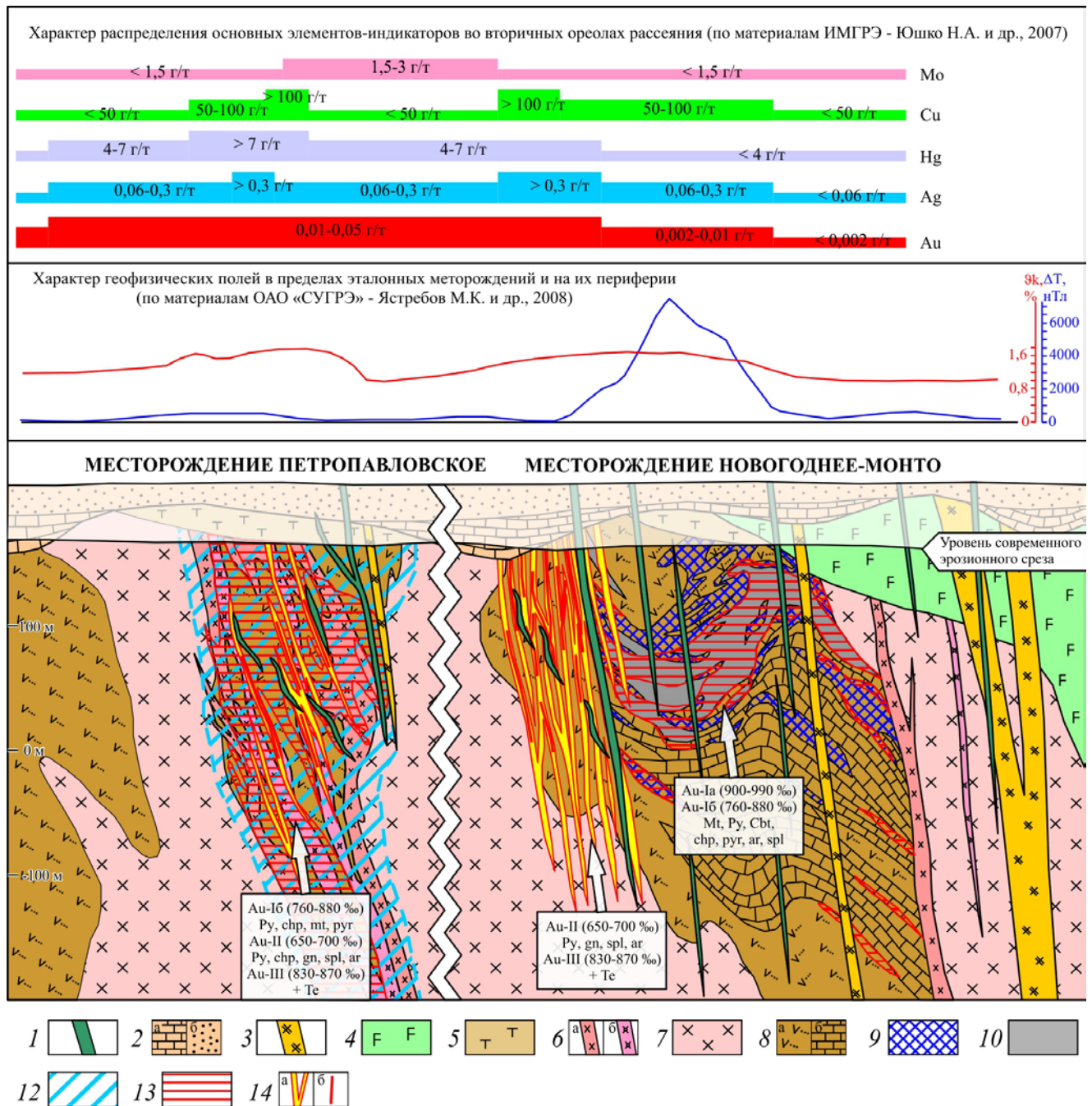
Для золото-сульфидного штокверкового типа оруденения (основной тип месторождения Петропавловское) необходимыми геофизическими параметрами могут считаться следующие: слабоконтрастные магнитные аномалии интенсивностью более 300 нТл с участками высоких значений (500 – 700 нТл и более), полностью или частично совмещенные или непосредственно смыкающиеся с аномалиями поляризуемости интенсивностью более 1,4 % (слабо выражены в масштабе 1:25 000; достаточно отчетливо в м-бе 1:10 000).

Линейные зоны золотоносных «березитов» в геофизических полях м-ба 1:10 000 и мельче не выражены за счет небольших мощностей и интенсивного приповерхностного окисления сопровождающей их сульфидной минерализации.

\* \* \*

Визуально рассмотренные элементы прогнозно-поисковой модели, выраженные в масштабе рудного узла, наиболее наглядно отражаются на его геологической карте (см. Рисунок 1.3), а в масштабе рудного поля и золоторудных объектов «новогодненского» и «петропавловского» типов — на сводном геологическом разрезе с комплексной рудно-метасоматической, геохимической и геофизической нагрузкой (Рисунок 4.5).

Сводная комплексная прогнозно-поисковой модель для разноранговых (рудный узел — рудное поле — месторождение) золоторудных объектов, составленная и актуализированная по результатам проведенных исследований в рамках работы над диссертацией, представлена в табличном виде (Таблица 4.2).



1 — малоханмейский габбро-диабазовый комплекс (D<sub>3</sub>-T<sup>7</sup>mh): дайки основного состава; 2 — тоупугольгартская толща (D<sub>2-3</sub>tg): а) вулканогенно-терригенные породы, б) известняки рифогенные; конгорский габбро-монцодиоритовый комплекс (D<sub>2-3</sub>kn): 3 — монцодиориты и их порфировые разности, 4 — габбро-долериты; 5 — кевсоимская толща (D<sub>2</sub>kv): лавы и туфы трахибазальтов, трахиандезитов, трахириолитов (эродирована в пределах узла); собский габбро-кварцдиорит-тоналитовый комплекс (D<sub>1</sub>s): 6 — а) порфировидные диориты и кварцевые диориты, б) диорит-порфириды, кварцевые диорит-порфириды, 7 — диориты, кварцевые диориты, тоналиты; 8 — тоупугольская толща (S<sub>2</sub>-D<sub>1</sub>tp): а) лавы и туфы базальтов, андезитобазальтов, вулканогенно-осадочные породы, б) рифогенные известняки; 9 — гранат-пироксеновые скарны; 10 — магнетитовые тела; 11 — хлорит-альбитовые метасоматиты; 12 — минерализованные зоны золото-скарнового и золото-порфирового типов, оконтуренные по бортовому содержанию Ау 0,3 г/т; 13 — а) зоны «березитов» с минерализацией золото-сульфидно-кварцевого типа, б) осевые золотоносные малосульфидные кварцевые жилы

Рисунок 4.5 — Сводный геологический разрез месторождений Новогоднее-Монто и Петропавловское, отражающий элементы прогнозно-поисковой модели [Андреев, 2021]

Таблица 4.2 — Прогнозно-поисковая модель для разноранговых золоторудных объектов: Тоупутол-Ханмейшорского рудного узла, Новогодненского рудного поля, месторождений и рудопроявлений (составлено автором)

| Элементы модели (поисковые критерии и признаки)    | Рудный район (рудный узел)                                                                                                                                  | Рудное поле | Поисковый участок (потенциальное месторождение) |                       |                                |
|----------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------|-------------------------------------------------|-----------------------|--------------------------------|
|                                                    |                                                                                                                                                             |             | Золото-сульфидно-магнетитовый тип               | Золото-сульфидный тип | Золото-сульфидно-кварцевый тип |
| 1                                                  | 2                                                                                                                                                           | 3           | 4                                               | 5                     | 6                              |
| 1. Формационные                                    |                                                                                                                                                             |             |                                                 |                       |                                |
| 1.1. Продуктивная ВПА:<br>– Вулканогенная формация |                                                                                                                                                             |             |                                                 |                       |                                |
| – Рудоносная плутоногенная формация                |                                                                                                                                                             |             |                                                 |                       |                                |
| 1.2. Перекрывающие (а) и прорывающие (б) формации  |                                                                                                                                                             |             |                                                 |                       |                                |
| 1.3. Формации рамы рудоносной ВПА                  |                                                                                                                                                             |             |                                                 |                       |                                |
|                                                    | Метаморфические комплексы (PR-RF) — гнейсы, амфиболиты, кристаллосланцы, гнейсограниты; гипербазитовые и гипербазит-габбровые комплексы (O <sub>1-3</sub> ) |             |                                                 |                       |                                |
|                                                    |                                                                                                                                                             |             |                                                 |                       |                                |
|                                                    |                                                                                                                                                             |             |                                                 |                       |                                |
|                                                    |                                                                                                                                                             |             |                                                 |                       |                                |
|                                                    |                                                                                                                                                             |             |                                                 |                       |                                |
|                                                    |                                                                                                                                                             |             |                                                 |                       |                                |
|                                                    |                                                                                                                                                             |             |                                                 |                       |                                |
|                                                    |                                                                                                                                                             |             |                                                 |                       |                                |
|                                                    |                                                                                                                                                             |             |                                                 |                       |                                |
|                                                    |                                                                                                                                                             |             |                                                 |                       |                                |
|                                                    |                                                                                                                                                             |             |                                                 |                       |                                |
|                                                    |                                                                                                                                                             |             |                                                 |                       |                                |
|                                                    |                                                                                                                                                             |             |                                                 |                       |                                |
|                                                    |                                                                                                                                                             |             |                                                 |                       |                                |
|                                                    |                                                                                                                                                             |             |                                                 |                       |                                |
|                                                    |                                                                                                                                                             |             |                                                 |                       |                                |
|                                                    |                                                                                                                                                             |             |                                                 |                       |                                |
|                                                    |                                                                                                                                                             |             |                                                 |                       |                                |
|                                                    |                                                                                                                                                             |             |                                                 |                       |                                |
|                                                    |                                                                                                                                                             |             |                                                 |                       |                                |
|                                                    |                                                                                                                                                             |             |                                                 |                       |                                |
|                                                    |                                                                                                                                                             |             |                                                 |                       |                                |
|                                                    |                                                                                                                                                             |             |                                                 |                       |                                |
|                                                    |                                                                                                                                                             |             |                                                 |                       |                                |
|                                                    |                                                                                                                                                             |             |                                                 |                       |                                |
|                                                    |                                                                                                                                                             |             |                                                 |                       |                                |
|                                                    |                                                                                                                                                             |             |                                                 |                       |                                |
|                                                    |                                                                                                                                                             |             |                                                 |                       |                                |
|                                                    |                                                                                                                                                             |             |                                                 |                       |                                |
|                                                    |                                                                                                                                                             |             |                                                 |                       |                                |
|                                                    |                                                                                                                                                             |             |                                                 |                       |                                |
|                                                    |                                                                                                                                                             |             |                                                 |                       |                                |
|                                                    |                                                                                                                                                             |             |                                                 |                       |                                |
|                                                    |                                                                                                                                                             |             |                                                 |                       |                                |
|                                                    |                                                                                                                                                             |             |                                                 |                       |                                |
|                                                    |                                                                                                                                                             |             |                                                 |                       |                                |
|                                                    |                                                                                                                                                             |             |                                                 |                       |                                |
|                                                    |                                                                                                                                                             |             |                                                 |                       |                                |
|                                                    |                                                                                                                                                             |             |                                                 |                       |                                |
|                                                    |                                                                                                                                                             |             |                                                 |                       |                                |
|                                                    |                                                                                                                                                             |             |                                                 |                       |                                |
|                                                    |                                                                                                                                                             |             |                                                 |                       |                                |
|                                                    |                                                                                                                                                             |             |                                                 |                       |                                |
|                                                    |                                                                                                                                                             |             |                                                 |                       |                                |
|                                                    |                                                                                                                                                             |             |                                                 |                       |                                |
|                                                    |                                                                                                                                                             |             |                                                 |                       |                                |
|                                                    |                                                                                                                                                             |             |                                                 |                       |                                |
|                                                    |                                                                                                                                                             |             |                                                 |                       |                                |
|                                                    |                                                                                                                                                             |             |                                                 |                       |                                |
|                                                    |                                                                                                                                                             |             |                                                 |                       |                                |
|                                                    |                                                                                                                                                             |             |                                                 |                       |                                |
|                                                    |                                                                                                                                                             |             |                                                 |                       |                                |
|                                                    |                                                                                                                                                             |             |                                                 |                       |                                |
|                                                    |                                                                                                                                                             |             |                                                 |                       |                                |
|                                                    |                                                                                                                                                             |             |                                                 |                       |                                |
|                                                    |                                                                                                                                                             |             |                                                 |                       |                                |
|                                                    |                                                                                                                                                             |             |                                                 |                       |                                |
|                                                    |                                                                                                                                                             |             |                                                 |                       |                                |
|                                                    |                                                                                                                                                             |             |                                                 |                       |                                |
|                                                    |                                                                                                                                                             |             |                                                 |                       |                                |
|                                                    |                                                                                                                                                             |             |                                                 |                       |                                |
|                                                    |                                                                                                                                                             |             |                                                 |                       |                                |
|                                                    |                                                                                                                                                             |             |                                                 |                       |                                |
|                                                    |                                                                                                                                                             |             |                                                 |                       |                                |
|                                                    |                                                                                                                                                             |             |                                                 |                       |                                |
|                                                    |                                                                                                                                                             |             |                                                 |                       |                                |
|                                                    |                                                                                                                                                             |             |                                                 |                       |                                |
|                                                    |                                                                                                                                                             |             |                                                 |                       |                                |
|                                                    |                                                                                                                                                             |             |                                                 |                       |                                |
|                                                    |                                                                                                                                                             |             |                                                 |                       |                                |
|                                                    |                                                                                                                                                             |             |                                                 |                       |                                |
|                                                    |                                                                                                                                                             |             |                                                 |                       |                                |
|                                                    |                                                                                                                                                             |             |                                                 |                       |                                |
|                                                    |                                                                                                                                                             |             |                                                 |                       |                                |
|                                                    |                                                                                                                                                             |             |                                                 |                       |                                |
|                                                    |                                                                                                                                                             |             |                                                 |                       |                                |
|                                                    |                                                                                                                                                             |             |                                                 |                       |                                |
|                                                    |                                                                                                                                                             |             |                                                 |                       |                                |
|                                                    |                                                                                                                                                             |             |                                                 |                       |                                |
|                                                    |                                                                                                                                                             |             |                                                 |                       |                                |
|                                                    |                                                                                                                                                             |             |                                                 |                       |                                |
|                                                    |                                                                                                                                                             |             |                                                 |                       |                                |
|                                                    |                                                                                                                                                             |             |                                                 |                       |                                |
|                                                    |                                                                                                                                                             |             |                                                 |                       |                                |
|                                                    |                                                                                                                                                             |             |                                                 |                       |                                |
|                                                    |                                                                                                                                                             |             |                                                 |                       |                                |
|                                                    |                                                                                                                                                             |             |                                                 |                       |                                |
|                                                    |                                                                                                                                                             |             |                                                 |                       |                                |
|                                                    |                                                                                                                                                             |             |                                                 |                       |                                |
|                                                    |                                                                                                                                                             |             |                                                 |                       |                                |
|                                                    |                                                                                                                                                             |             |                                                 |                       |                                |
|                                                    |                                                                                                                                                             |             |                                                 |                       |                                |
|                                                    |                                                                                                                                                             |             |                                                 |                       |                                |
|                                                    |                                                                                                                                                             |             |                                                 |                       |                                |
|                                                    |                                                                                                                                                             |             |                                                 |                       |                                |
|                                                    |                                                                                                                                                             |             |                                                 |                       |                                |
|                                                    |                                                                                                                                                             |             |                                                 |                       |                                |
|                                                    |                                                                                                                                                             |             |                                                 |                       |                                |
|                                                    |                                                                                                                                                             |             |                                                 |                       |                                |
|                                                    |                                                                                                                                                             |             |                                                 |                       |                                |
|                                                    |                                                                                                                                                             |             |                                                 |                       |                                |
|                                                    |                                                                                                                                                             |             |                                                 |                       |                                |
|                                                    |                                                                                                                                                             |             |                                                 |                       |                                |
|                                                    |                                                                                                                                                             |             |                                                 |                       |                                |
|                                                    |                                                                                                                                                             |             |                                                 |                       |                                |
|                                                    |                                                                                                                                                             |             |                                                 |                       |                                |
|                                                    |                                                                                                                                                             |             |                                                 |                       |                                |
|                                                    |                                                                                                                                                             |             |                                                 |                       |                                |
|                                                    |                                                                                                                                                             |             |                                                 |                       |                                |
|                                                    |                                                                                                                                                             |             |                                                 |                       |                                |
|                                                    |                                                                                                                                                             |             |                                                 |                       |                                |
|                                                    |                                                                                                                                                             |             |                                                 |                       |                                |
|                                                    |                                                                                                                                                             |             |                                                 |                       |                                |
|                                                    |                                                                                                                                                             |             |                                                 |                       |                                |
|                                                    |                                                                                                                                                             |             |                                                 |                       |                                |
|                                                    |                                                                                                                                                             |             |                                                 |                       |                                |
|                                                    |                                                                                                                                                             |             |                                                 |                       |                                |
|                                                    |                                                                                                                                                             |             |                                                 |                       |                                |
|                                                    |                                                                                                                                                             |             |                                                 |                       |                                |
|                                                    |                                                                                                                                                             |             |                                                 |                       |                                |
|                                                    |                                                                                                                                                             |             |                                                 |                       |                                |
|                                                    |                                                                                                                                                             |             |                                                 |                       |                                |
|                                                    |                                                                                                                                                             |             |                                                 |                       |                                |
|                                                    |                                                                                                                                                             |             |                                                 |                       |                                |
|                                                    |                                                                                                                                                             |             |                                                 |                       |                                |
|                                                    |                                                                                                                                                             |             |                                                 |                       |                                |
|                                                    |                                                                                                                                                             |             |                                                 |                       |                                |
|                                                    |                                                                                                                                                             |             |                                                 |                       |                                |
|                                                    |                                                                                                                                                             |             |                                                 |                       |                                |
|                                                    |                                                                                                                                                             |             |                                                 |                       |                                |
|                                                    |                                                                                                                                                             |             |                                                 |                       |                                |
|                                                    |                                                                                                                                                             |             |                                                 |                       |                                |
|                                                    |                                                                                                                                                             |             |                                                 |                       |                                |
|                                                    |                                                                                                                                                             |             |                                                 |                       |                                |
|                                                    |                                                                                                                                                             |             |                                                 |                       |                                |
|                                                    |                                                                                                                                                             |             |                                                 |                       |                                |
|                                                    |                                                                                                                                                             |             |                                                 |                       |                                |
|                                                    |                                                                                                                                                             |             |                                                 |                       |                                |
|                                                    |                                                                                                                                                             |             |                                                 |                       |                                |
|                                                    |                                                                                                                                                             |             |                                                 |                       |                                |
|                                                    |                                                                                                                                                             |             |                                                 |                       |                                |
|                                                    |                                                                                                                                                             |             |                                                 |                       |                                |
|                                                    |                                                                                                                                                             |             |                                                 |                       |                                |
|                                                    |                                                                                                                                                             |             |                                                 |                       |                                |
|                                                    |                                                                                                                                                             |             |                                                 |                       |                                |
|                                                    |                                                                                                                                                             |             |                                                 |                       |                                |
|                                                    |                                                                                                                                                             |             |                                                 |                       |                                |
|                                                    |                                                                                                                                                             |             |                                                 |                       |                                |
|                                                    |                                                                                                                                                             |             |                                                 |                       |                                |
|                                                    |                                                                                                                                                             |             |                                                 |                       |                                |
|                                                    |                                                                                                                                                             |             |                                                 |                       |                                |



Продолжение Таблицы 4.2

| 1                         | 2                                                                                                                                                                                                                         | 3                                                                                                                                                                                       | 4                                                                                                                                                                                                                                 | 5                                                                                                                                                                                                         | 6                                                                                                                                                                           |
|---------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Рудовмещающие образования | Образования рудоносной плутоногенной формации; вулканогенные, вулканогенно-осадочные породы гетерогенного состава (базальтового, андезитобазальтового, андезитового, дацитового); карбонатные и карбонатсодержащие породы | Вулканогенно-осадочные породы андезитобазальтового состава с прослоями карбонатсодержащих пород, линзами и крупными рифовыми постройками мраморизованных известняков мощностью до 200 м | Образования рудоносной плутоногенной формации — преимущественно тела порфировидных и порфировых диоритов, кварцевых диоритов, тоналитов; вмещающие их интенсивно трещиноватые вулканогенно-осадочные породы гетерогенного состава | Интенсивно тектонизированные системами разноразрывных нарушений вулканогенно-осадочные породы с редкими маломощными прослоями и линзами карбонатных пород, лавовых, экструзивных и субвулканических фаций |                                                                                                                                                                             |
| 3. Структурные            | Тектоно-магматическая депрессия изометричной или изометрично-вытянутой формы, 10–20 км в поперечнике в краевой части магматогенного (интрузивного) поднятия, выраженная провесом кровли батолитоподобного                 | Относительно поднятый тектонический блок, ограниченный и дислоцированный разнонаправленными сдвигающимися региональными разломами, прорванный штокообразными выступами гранитоидов      | Моноклинал в экзоконтактной области штокообразного интрузивного выступа, над участками погружения его кровли, осложненной апофизами и дайками гипабиссальных фаз; флексурообразные                                                | Моноклинал, осложненная флексурой над полого падающим апикальным контактом штокообразного массива, осложненным сериями гребневидных выступов, углублений и зон дробления, контролирующих пояс             | Зоны трещиноватости, дробления, рассланцевания в вулканогенно-осадочной толще — преимущественно ССЗ и ССВ направлений, приуроченные системам основных региональных разломов |

Продолжение Таблицы 4.2

| 1                                 | 2                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                 | 3                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                         | 4                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                          | 5                                                                                                                                                                                                                                      | 6                                                                                                                                   |
|-----------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
|                                   | <p>плутона продуктивной формации; область пересечения долговязых региональных зон тектонических нарушений продольно- и поперечно-уральского направлений, представленных фрагментами различно ориентированных разломов, в том числе служащие ограничениями рудного узла и обуславливающие его внутреннюю «мозаичную» структуру</p> | <p>скрытого на глубине батолитоидного плутона, сопровождаемые телами гипабиссальных пород порфировых фаз, скоплениями разновозрастных пострудных интрузивных штоков и даек</p>                                                                                                                                                                                            | <p>приразломные перегибы в рудомещающей карбонатсодержащей толще; скарновые и скарново-магнетитовые залежи, тектонически дислоцированные (локальные разрывы, зоны трещиноватости и брекчирования)</p>                                                                                                                                                                      | <p>пластинообразных тел порфировидных и порфировых диоритов и кварцевых диоритов</p>                                                                                                                                                   |                                                                                                                                     |
| <p><b>4. Метасоматические</b></p> | <p>Серия аралов распространения гидротермальных изменений различного состава (скарнирование, пропилитизация, альбитизация, калишпатизация, окварцевание, серицитизация, карбонатизация, аргиллизация и др.), в т.ч. с сульфидной (пирит, халькопирит, галенит) и железокислотной (магнетит, гематит) минерализацией</p>           | <p>Тела гранат-пироксеновых скарнов и околоскарновых метасоматитов (эпидозиты и др.); серия зон пропилитоподобных (кварц-альбитовых, хлорит-альбитовых), березито- и аргиллизитоподобных (кварц, хлорит, кальцит, серицит, гидросерицит, иллит и др.) изменений на фоне широкого ареала пропилитов актинолит-эпидотовой, эпидот-хлоритовой и кальцит-хлоритовой фаций</p> | <p>Известковые скарны, интенсивно проявленные на контактах карбонатных и силикатных пород на удалении до нескольких сотен метров от контактов интрузивных массивов рудоносного комплекса; зоны гидратации известковых скарнов с развитием хлорита, эпидота, актинолита, кальцита, кварца; отдельные линейные зоны березитов на флангах и в кровле ореола скарнирования</p> | <p>Хлорит-альбитовые (<math>\pm</math> кварц, кальцит) пропилиты; участки совмещения (телескопирования) хлорит-альбитовых метасоматитов и серии сближенных кулисных зон кварц-хлорит-кальцит-серицитовых метасоматитов — березитов</p> | <p>Зоны кварц-хлорит-кальцит-серицитовых метасоматитов (березитов) с кварцевыми, кварц-кальцитовыми прожилками и осевыми жилами</p> |

Продолжение Таблицы 4.2

| 1                                               | 2                                                                                                                                                                                    | 3                                                                                                                                                                                                                                                                                     | 4                                                                                                                                              | 5                                                                                                                                                           | 6                                                                                                                                                                                                                                               |
|-------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <b>5. Рудно-минералогические</b>                |                                                                                                                                                                                      |                                                                                                                                                                                                                                                                                       |                                                                                                                                                |                                                                                                                                                             |                                                                                                                                                                                                                                                 |
| 5.1. Основная продуктивная рудная минерализация | Месторождения, проявления и пункты минерализации золото-сульфидно-магнетитовой, золото-сульфидной, золото-сульфидно-кварцевой субформаций золото-сульфидно-кварцевой рудной формации |                                                                                                                                                                                                                                                                                       | Массивные и гнездово-прожилково-вкрапленные золотоносные и магнетитовые и сульфидно-магнетитовые руды в скарнах и околоскарновых метасоматитах | Штокверк прожилково-вкрапленных золото-сульфидных (пиритовых) руд в хлорит-альбитовых и альбитовых метасоматитах с переменным количеством кварца и кальцита | Существенно вкрапленная, реже — прожилковая малосульфидная золотоносная минерализация (пирит, галенит, халькопирит) в зонах березитов с осевыми жилами и линзами практически бессульфидного кварца с золото-теллуридной минеральной ассоциацией |
|                                                 |                                                                                                                                                                                      | Поля сульфидной, сульфидно-кварцевой, кварцевой прожилково-вкрапленной и жильной минерализации, скарнирования, эпидотизации, сплошных и гнездовых магнетитовых руд, фиксирующиеся в коренном залегании, элювии и делювии; повышенная золотоносность пирита (первые г/т – десятки г/т) |                                                                                                                                                |                                                                                                                                                             |                                                                                                                                                                                                                                                 |
| 5.2. Сопутствующая минерализация                | Стратоидная прожилково-вкрапленная пиритовая золотосодержащая минерализация                                                                                                          | Сочетание в пространстве в различных соотношениях золото-сульфидно-магнетитового, золото-сульфидного и золото-сульфидно-кварцевого типов оруденения                                                                                                                                   |                                                                                                                                                |                                                                                                                                                             |                                                                                                                                                                                                                                                 |
|                                                 | Золото-сульфидная прожилково-вкрапленная в карбонатных породах<br>Золото-молибден-меднопорфировая<br>Проявления рассеянной медной, свинцовой и цинковой минерализации                | Участки концентрации халькопиритовой минерализации в скарнах                                                                                                                                                                                                                          | Участки концентрации халькопиритовой минерализации в эндо-экзоконтактной области интрузивных тел                                               | —                                                                                                                                                           |                                                                                                                                                                                                                                                 |

Продолжение Таблицы 4.2

| 1                                                           | 2                                                                                                                                                                                                | 3 | 4                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                         | 5                                                                                                                                                                                       | 6                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                            |
|-------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 5.3. Гипергенная минерализация                              | Ореолы распространения гипергенных минералов железа и меди (лимонит, гетит, малахит, азурит); знаки золота в водоотоках с шероховатой поверхностью и пятнами гидроксидов железа (близкого сноса) |   | Остаточная пестроцветная глинисто-песчано-щебнистая кора выветривания, мощностью 0,5–10 м линейно-площадного и линейно-гребенчатого типов; наибольшей глинизации подвержены участки существенно серицитовых метасоматитов по которым развиты гнезда и линзы песчано-глинистой и глинистой коры выветривания желтых оттенков; обогащение золотом плотных и рыхлых гидроксидов железа и глинистых минералов |                                                                                                                                                                                         |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                              |
| <b>6. Состав руд</b>                                        |                                                                                                                                                                                                  |   |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                           |                                                                                                                                                                                         |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                              |
| 6.1. Минеральный состав руд                                 |                                                                                                                                                                                                  |   | <p>Главные — магнетит, пирит, кобальтин, халькопирит;</p> <p>второстепенные — пирротин, арсенопирит, сфалерит, марказит, гематит;</p> <p>гипергенные: лимонит; малахит, азурит;</p> <p>самородное золото — высокопробное (900-990) в кобальтине и магнетите, относительно высокопробное (760-880) в пирите, халькопирите, жильных минералах</p>                                                           | <p>Главные — пирит; второстепенные — халькопирит, магнетит, пирротин;</p> <p>гипергенные: лимонит; малахит, азурит;</p> <p>самородное золото — относительно высокопробное (830-870)</p> | <p>Главные — пирит, галенит;</p> <p>второстепенные — сфалерит, гематит, арсенопирит, халькопирит; алтаит, петцит, гессит, сильванит, креннерит, теллуровисмутит (золото-теллуридная ассоциация);</p> <p>гипергенные: лимонит; самородное золото — тонкодисперсное низкопробное (с существенной примесью Ag); 830 – 860 ‰ (золото-теллуридная ассоциация)</p> |
| 6.2. Изотопно-геохимическая характеристика рудных минералов |                                                                                                                                                                                                  |   | <p>Сульфиды:</p> $\delta^{34}\text{S} = +0,5 - +2,5 \text{ ‰}$ ;<br>магнетит: $\delta^{18}\text{O} = -1,4 - -3,7 \text{ ‰}$ (массивный);<br>$\delta^{18}\text{O} = +1,4 - +8 \text{ ‰}$ (прожилково-вкрапленный)                                                                                                                                                                                          | <p>Сульфиды:</p> $\delta^{34}\text{S} = 0 - +2 \text{ ‰}$ ;<br>$\delta^{34}\text{S} = 2,5 - 4,5 \text{ ‰}$ (золото-теллуридная ассоциация)                                              | <p>Сульфиды:</p> $\delta^{34}\text{S} = 0 - +2 \text{ ‰}$ ;<br>$\delta^{34}\text{S} = 2,5 - 4,5 \text{ ‰}$ (золото-теллуридная ассоциация)                                                                                                                                                                                                                   |

Продолжение Таблицы 4.2

| 1                                            | 2 | 3 | 4                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                 | 5                                                                                                                                                                                                                                                         | 6                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                |
|----------------------------------------------|---|---|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <b>7. Морфология рудных тел</b>              |   |   | Линзовидные и линзовидно-субпластовые залежи, реже жильноподобные тела в тектонических зонах на флангах и по восстанию субпластовых тел                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                           | Штокверкоподобные прожилково-вкрапленные минерализованные зоны — штокверки линейной и изометричной формы в эндо-экзоконтактах дайкообразных тел диоритов, диорит-порфиров                                                                                 | Линейные жильно-прожилковые минерализованные зоны небольшой мощности от 1 до 10 м (в раздувах) с осевыми жилами и линзами метасоматического кварца                                                                                                                                                                                                                                                                                                               |
| <b>8. Рудно-метасоматическая зональность</b> |   |   | Зональность относительно постройки мраморизованных известняков: в кровле — массивные золотоносные магнетитовые и сульфидно-магнетитовые руды — 40–50 м, по латерали расщепляются на горизонты в первые метры; выше гранат-пироксеновые скарны — до 60 м; ореол околоскарновых метасоматитов — до 60 м и шириной до 200 м; в подошве мраморов — скарны и околоскарновые метасоматиты — до 80–100 м с линзами и горизонтами гнездово-прожилково-вкрапленных сульфидно-магнетитовых руд — от первых метров до первых десятков метров | Зональность относительно тел порфировидных и порфировых диоритов и кварцевых диоритов: внешние зоны (40–60 м) хлорит-альбитовые, внутренняя (40–60 м) — альбитовые; количество золотоносного пирита возрастает по мере уменьшения хлоритовой составляющей | Зональность: внешняя зона кварц-серцит-кальцит-хлоритовая — десятки см — первые м, промежуточная — кварц-серцитовая — десятки см — первые м; внутренняя — кварцевая (осевые жилы и линзы метасоматического кварца или кварц-кальцитового состава — 10–20 см).<br>Наиболее обогащены золотоносным пиритом кварц-серцитовые метасоматиты; кварц осевых жил малосульфидный, но содержит крайне не закономерные бонанцы с содержанием золота до нескольких сотен г/т |



Продолжение Таблицы 4.2

| 1                               | 2                                                                                                                                                                                                          | 3                                                                                                                                                                                                                                                                                                | 4                                                                                                                                                                                              | 5                                                                                                                                                                                                                                 | 6                                                                                                                                                                  |
|---------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <b>9. Геохимические</b>         |                                                                                                                                                                                                            |                                                                                                                                                                                                                                                                                                  |                                                                                                                                                                                                |                                                                                                                                                                                                                                   |                                                                                                                                                                    |
| 9.1. Вторичные ореолы рассеяния | Вторичные литохимические и гидрохимические ореолы рассеяния Au и его элементов-спутников (Ag, Cu, Mo, Hg, As, Bi, Co, W, Pb, Zn, Ba и др.) с концентрациями выше регионального геохимического фона         | Комплексные ореолы Au (0,002 – 0,05 г/т), Ag (0,06 – 1 г/т), Cu (50 – 100 г/т), в меньшей степени Hg (4 – 7 и более г/т) $\pm$ W, Pb, Zn; к периферии золоторудных объектов приурочены ореолы Mo; в гидрохимических ореолах: контрастные аномалии Au, Mo, Sb, (W, Se), по периферии — As, Bi, Te | Высококонтрастные концентрические зональные комплексные аномалии Au (от 0,005 до 1 г/т), Ag (от 0,012 до 100 г/т) и Cu (от 100 до 1000 г/т), Co                                                | Высококонтрастные ореолы Au, Ag и Hg; низкоконтрастные ореолы Cu (детальные работы по вторичным ореолам не проводились)                                                                                                           | Au (от 0,005 до 1 г/т), Ag (от 0,012 до 100 г/т) и Cu (от 100 до 1000 г/т), Pb (30 до 1000 г/т), Mo. Аномалии Mo также характерны для флангов минерализованных зон |
| 9.2. Первичные ореолы           |                                                                                                                                                                                                            |                                                                                                                                                                                                                                                                                                  | Для флангов рудных тел характерны ореолы Mo (до 2 – 15 г/т)                                                                                                                                    |                                                                                                                                                                                                                                   |                                                                                                                                                                    |
| 10. Геофизические               | Область с мозаично-радиально-концентрическим характером закоперенного магнитного поля и распределения калия на фоне более однородных и упорядоченных геофизических полей прилегающих безрудных территорий; | Область сочетания аномалий ВП и магнитного поля, их пространственного смещения; область пересечения широких полосовидных зон повышенных значений восточно-северо-восточного и запад-северо-                                                                                                      | Ореолы Co, As, Cu, Ag, морфология и внутренняя структура которых повторяет ореол золота; обширные слабоинтенсивные ореолы Zn; для флангов магнетитовых тел и скарнов характерны ореолы Hg и Pb | Золото имеет высокую положительную корреляцию с Ag, W, Cu, Ni. Также спутниками являются: Mo, Co, Ba, As, Sn, Ti, Zn, Pb, но ореолы данных элементов часто разобщены в пространстве                                               | Линейные ореолы Mo, Pb, Ag, As, повторяющие зоны золотоносных безрудных                                                                                            |
|                                 |                                                                                                                                                                                                            |                                                                                                                                                                                                                                                                                                  | Контрастные положительные магнитные аномалии $\Delta T > 1000$ нТл, обрамляемые ореолом отрицательных значений, в сочетании с аномалиями ВП интенсивностью $> 1,4\%$                           | Слабоконтрастные магнитные аномалии интенсивностью более 300 нТл с участками высоких значений (500 – 700 нТл и более), полностью или частично совмещенные или непосредственно примыкающие к аномалиям ВП интенсивностью $> 1,4\%$ | Отрицательные линейные магнитные аномалии на фоне повышенных значений окружающего геомагнитного поля (в масштабе 1:10 000 и мельче, как правило, не выражены)      |

Продолжение Таблицы 4.2

| 1                          | 2                                                                                                                                                            | 3                                                                                                                                                                                                            | 4                              | 5                             | 6                                             |
|----------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------|-------------------------------|-----------------------------------------------|
|                            | линейные градиентные зоны аномальных магнитного и электрических полей, фиксирующие фрагменты разноориентированных региональных разломов и оперяющих структур | западного направлений; участки относительно пониженных удельных электрических сопротивлений; зоны линейных градиентов физических полей, маркирующие активизированные (в т.ч. рудоносные) разрывные нарушения |                                |                               |                                               |
| <b>11. Типовые объекты</b> | Тоупутол-Ханмейшорский рудный узел                                                                                                                           | Новогодненское рудное поле                                                                                                                                                                                   | Месторождение Новогоднее-Монто | Месторождение Петропавловское | Северная часть месторождения Новогоднее-Монто |

### 4.3. Результаты практического использования разработанной прогнозно-поисковой модели для оценки перспектив Тоупугол-Ханмейшорского рудного узла и других частей Малоуральского ВПП

#### 4.3.1. Использование разработанной модели для оценки перспективных участков Тоупугол-Ханмейшорского рудного узла

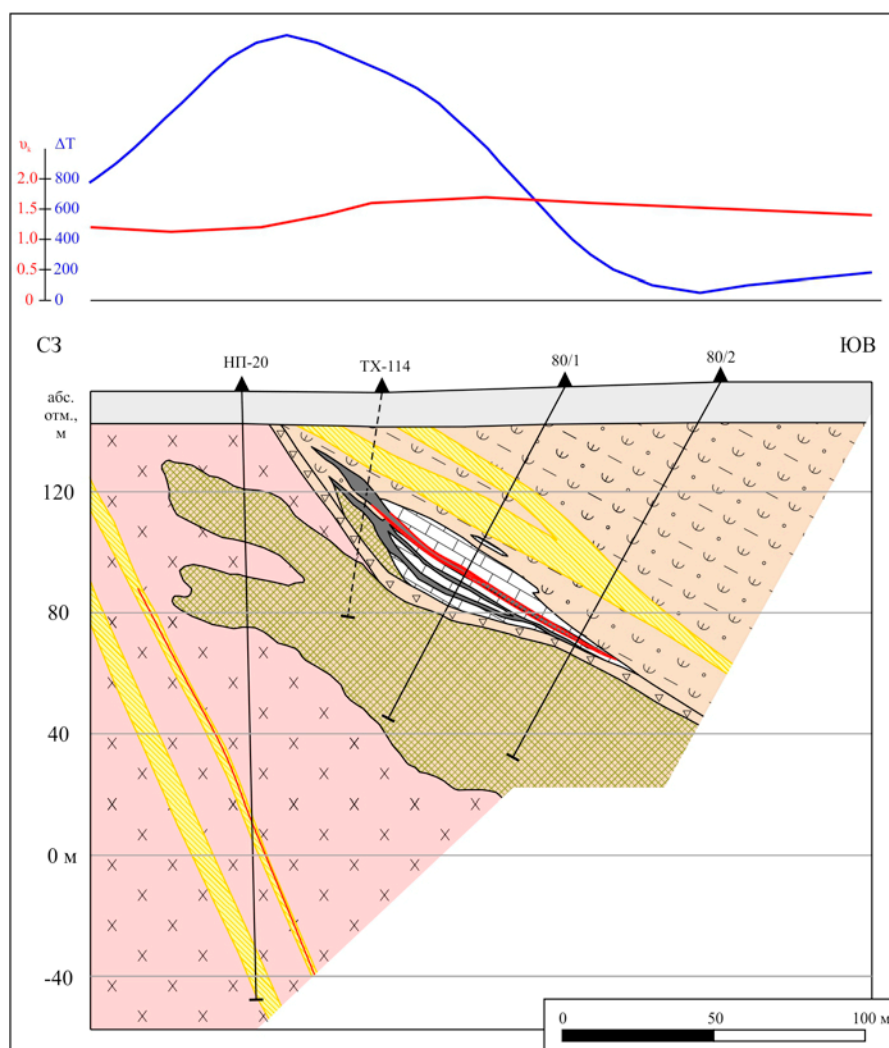
Результаты проведенных исследований в своё время позволили автору совместно со специалистами ЦНИГРИ (М.М. Гирфанов, С.Г. Кряжев и др.) с учётом критериев соответствия установленным параметрам эталонных месторождений — Новогоднее-Монто и Петропавловское уже на начальной стадии изучения провести оценку перспективности и разбраковку участков, на которых проводились (или были запланированы) поисковые работы АО «Ямалзолото» и ОАО «ЯГК» в пределах Новогодненского рудного поля и Тоупугол-Ханмейшорского узла [Бординов, 2005ф; Волчков, 2008ф].

Наиболее близкими к модели месторождения Новогоднее-Монто и в качестве наиболее перспективных автором рассматривались участки с золото-сульфидно-магнетитовым оруденением в скарнах — Караченцева (в пределах Новогодненского рудного поля), Аномальный и Тоупугольский (в пределах соседнего Ханмейшорского рудного поля). На участках с распространением практически только зон «березитов» (Карьерный и фланги месторождения Петропавловское) выявлены лишь узкие (до первых метров) крутопадающие в разной степени золотоносные зоны не представляющие самостоятельной промышленной значимости.

Установленные по итогам поисковых работ с участием автора [Бординов, 2005ф] параметры золотого оруденения участков оказались ниже чем для объекта-эталона. В то же время, следует учесть невысокую степень изученности упомянутых проявлений, что пока не позволяет сделать окончательные выводы о их промышленной перспективности.

По геологической позиции, строению геологического разреза, геофизическим данным наиболее близким аналогом месторождения Новогоднее-Монто в пределах Новогодненского рудного поля является *участок Караченцева*. Участок расположен в юго-восточной части рудного поля среди выходов штока гранитоидов собского комплекса (см. Рисунок 2.1), выражен контрастной магнитной аномалией и слабо проявленной аномалией ВП (см. Рисунок 2.5). В геохимических полях, учитывая редкую сеть проведенных опытно-методических геохимических работ и значительную мощность перекрывающих рыхлых отложений, участок не выделяется (см. Рисунок 2.3). Участок сложен вулканогенно-осадочными породами тоупугольской толщи, включающими линзы мраморизованных известняков мощностью до 15 – 30 м (Рисунок 4.6). Осадочные

породы прорваны диоритами собского комплекса; в зонах разломов распространены дайки диабазов. Вблизи линз известняков проявлено широкое развитие известковых скарнов, по вулканогенно-осадочным породам тоупугольской толщи.



Условные обозначения см. Рисунок 3.4

Рисунок 4.6 — Участок Караченцева. Схематический геолого-геофизический разрез (по материалам ОАО «ЯГК» [Бординов, 2005ф])

В результате поисковых работ АО «ЯГК» при участии специалистов ЦНИГРИ [Бординов, 2005ф] на участке Караченцева были установлены скарново-магнетитовые руды с невыдержанными содержаниями золота до 1–4 г/т, близкие по составу рудам месторождения Новогоднее-Монто. Скарны, как видно из представленного разреза (см. Рисунок 4.6), развиваются преимущественно в подошве карбонатных пород. В известняках вскрыты интервалы сплошного магнетита мощностью от долей до первых метров, увязывающиеся в относительно маломощные пластообразные тела. По изотопному составу кислорода магнетиты сопоставимы с маломощными телами магнетитовых руд месторождения Новогоднее-Монто ( $\delta^{18}\text{O} +1,8$ ) [Волчков, 2008ф; Устинов, 2007].

Сульфидная минерализация в магнетитовых телах отмечается только при микроскопическом исследовании в виде тонких секущих кварц-пиритовых прожилков. Она представлена пиритом с высокими содержаниями кобальта и мышьяка, свидетельствующими о высокотемпературной природе минерализации. По этому признаку, а также по изотопному составу серы ( $\delta^{34}\text{S}$  около +1) пирит сопоставим с пиритом золото-сульфидно-магнетитовых руд месторождения Новогоднее-Монто [Волчков, 2008ф].

Контуры магнитной аномалии, которая послужила основанием для изучения участка, распространяются к западу от выявленных пересечений магнетитовых тел, что позволяет автору предполагать, что золото-магнетитовая минерализация может продолжаться в этом направлении.

Помимо скарново-магнетитовых тел, в пределах участка Караченцева по данным опробования керна скважин выявлены отдельные маломощные (от долей до первых метров) интервалы с содержаниями золота от 1 до 13 г/т в линейных зонах «березитов», аналогичных зонам северного фланга месторождения Новогоднее-Монто.

Таким образом, по условиям локализации, составу околорудно-измененных пород, минералого-геохимическим особенностям оруденение участка Караченцева может быть отнесено к двум типам — золото-сульфидно-магнетитовому и золото-сульфидно-кварцевому в линейных минерализованных зонах «березитов». Тем самым, участок Караченцева сопоставим с эталонным объектом — месторождением Новогоднее-Монто. Потенциальная возможность выявления на участке промышленных рудных тел подтверждается наличием в составе выявленной минерализации Co-As-содержащего пирита, с которым связана золотоносность руд месторождения Новогоднее-Монто.

В пределах Ханмейшорского рудного поля поисковыми работами АО «ЯГК» [Бординов, 2005ф] по рекомендациям автора и специалистов ЦНИГРИ выявлено несколько участков, сопоставимых по своим характеристикам и оруденению месторождению Новогоднее-Монто. Вместе с тем здесь они имеют свою характерную особенность, заключающуюся в тесном пространственном сочетании скарнов с золото-сульфидно-магнетитовым оруденением с золоторудной минерализацией в альбитсодержащих метасоматитах тесно ассоциирующей с телами порфиroidных диоритов и диорит-порфиритов, аналогичной оруденению Петропавловского месторождения. Наиболее изученными из таких участков являются Аномальный и Тоупугольский.

**Участок Аномальный** (см. Рисунок 2.1) располагается в центральной части Ханмейшорского потенциального рудного поля. Он приурочен к области пересечения разнонаправленных разрывных нарушений — северо-западного, северо-северо-западного и северо-восточного направлений в надикиальной части интрузивного массива собского рудоносного комплекса, сопровождаемого многочисленными апофизами. В геофизических полях участок маркируется тремя небольшими сближенными контрастными положительными магнитными аномалиями,



разделенные зонами сопряженных магнитных минимумов, а также небольшой периферической аномалией поляризуемости (см. Рисунок 2.5).

Участок сложен вулканогенно-осадочными породами тоупугольской толщи, которые включают субсогласные тела андезитобазальтов и крупную линзообразную постройку рифогенных мраморизованных известняков мощностью до 250 м и предполагаемым размером выхода под покров перекрывающих рыхлых отложений  $400 \times 400$  м (Рисунок 4.7). Все перечисленные образования прорываются интрузивными телами диоритов, диорит-порфиритов и плагиогранит-порфиров собского комплекса, а также пострудными дайками диабазов.

Поисковыми работами на участке вскрыт продуктивный на золото уровень скарнированных пород с линзообразными прослоями магнетитов в контактах мраморизованных известняков, аналогичных таковым месторождению Новогоднее-Монто. Предполагается присутствие трех пластообразных тел (горизонтов) магнетитовых руд. Выявленные магнетитовые тела маломощные — от первых метров до 6 – 10 м (см. Рисунок 4.7). С учетом данных бурения и геофизических работ, они имеют протяженность до 100 – 200 м в субмеридиональном направлении.

Рудная минерализация представлена магнетитом, пиритом; другие сульфиды находятся в подчиненном количестве. По данным опробования, в магнетитах с пиритовой минерализацией установлено несколько интервалов с повышенными (от десятых до 4,8 г/т) содержаниями золота. Содержания золота в отдельных пробах достигают. Повышенные содержания золота отмечены в скарнах (до 0,88 г/т) на флангах магнетитовых тел.

Магнетиты в отсутствие сульфидной минерализации практически «стерильны» в отношении золота и его спутников. При этом высокие значения  $\delta^{18}\text{O}$  (+4,1 – +4,3) изученного магнетита указывают на редуцированный характер скарново-рудного процесса [Волчков, 2008ф].

Пирит отчетливо разделяется на две генерации. Ранняя образует тесные прорастания с магнетитом, по изотопно-геохимическим характеристикам (обогащенность кобальтом, мышьяком и тяжелым изотопом серы) минерализация относится к высокотемпературному сульфидному оруденению скарнов, аналогичной золото-сульфидно-магнетитовому оруденению месторождения Новогоднее-Монто. Однако, в отличие от эталонного месторождения, ранний пирит участка Аномальный характеризуется весьма низкой золотоносностью [Волчков, 2008ф].

Пирит второй генерации развивается преимущественно вдоль контактов скарново-магнетитовых залежей, цементирует брекчированный магнетит и сопровождается интенсивными метасоматическими преобразованиями (кварц, кальцит, серицит) вмещающих пород, тонкими кварцевыми прожилками. Содержание золота в пирите составляет около 30 г/т. Присутствие индикаторных примесей (Te, Pb, Bi, Mo) и характерный изотопный состав серы ( $\delta^{34}\text{S} = 0 - 3,3 \text{ ‰}$ ) позволяют сопоставить данную минерализацию с зонами золотоносных «березитов» месторождений Новогоднее-Монто и Петропавловское [Волчков, 2008ф].

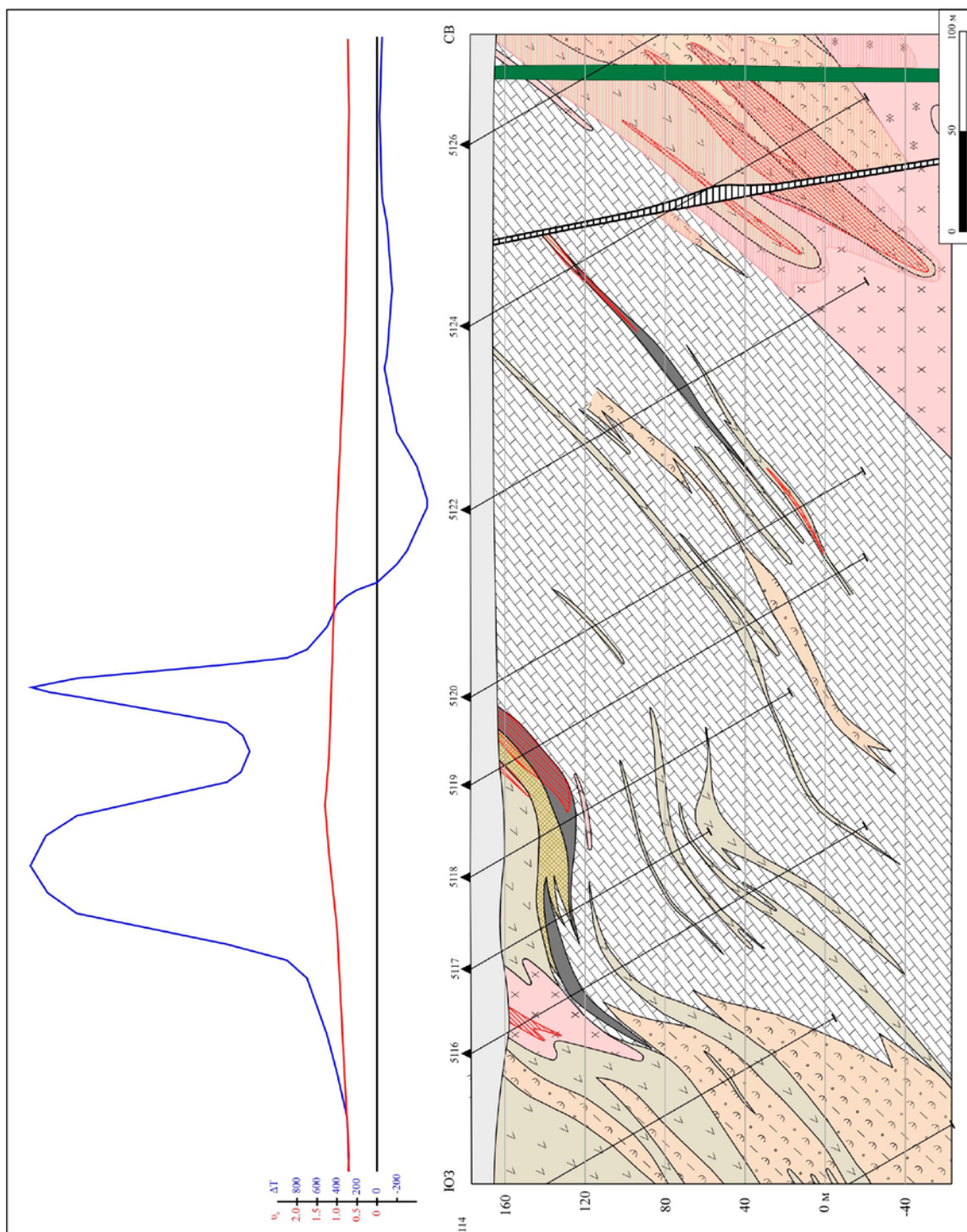


Рисунок 4.7 — Участок Аномальный, схематический геолого-геофизический разрез (составлено автором по собственным материалам [Волчков, 2008ф] и первичным материалам поисковых работ АО «ЯГК» [Бординов, 2005ф], с дополнениями)

Одной из самых интересных особенностей участка Аномальный является присутствие в подошве мраморов на глубине более 200 м интенсивно метасоматически измененных и сульфидизированных диоритов собского комплекса с высокими содержаниями золота от 0,5 до 6,26 г/т (см. Рисунок 4.7). Данные золоторудные образования очень близки рудам месторождения Петропавловское, а установленные рудные пересечения отвечают принятым оценочным параметрам для этого месторождения.

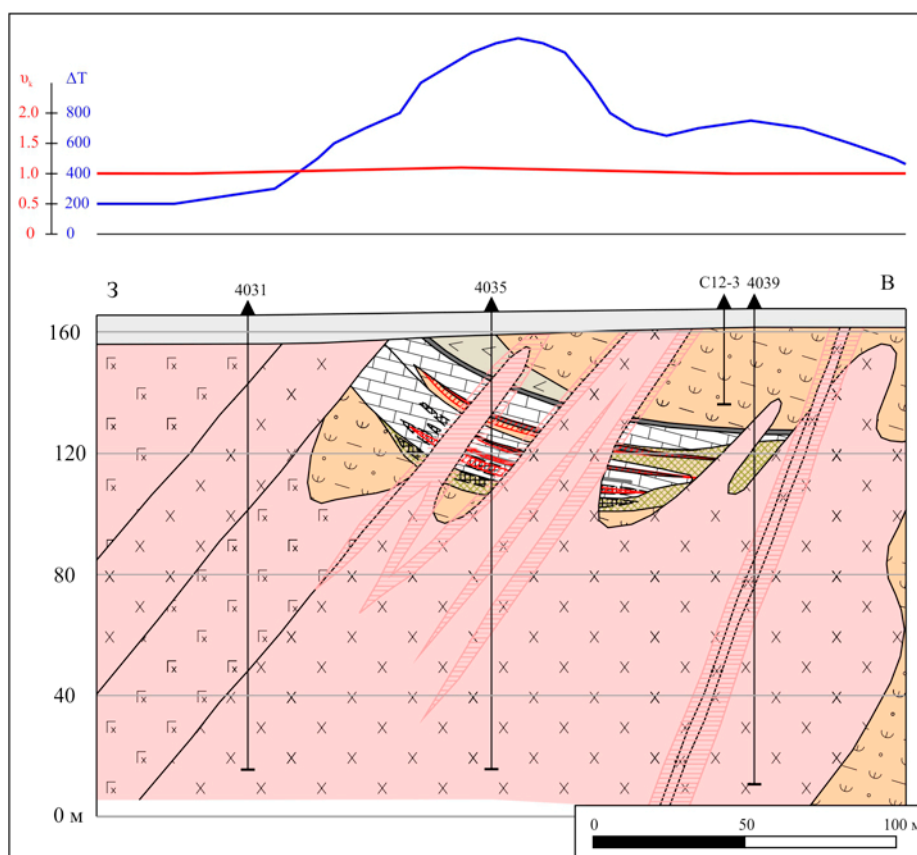
Тем самым, на участке аномальный зафиксировано пространственное совмещение руд «новогодненского» и «петропавловского» типов, оба из которых сопровождаются более поздними редуцированными зонами золотоносных «березитов». Данное соседство двух главных типов золотых руд может указывать на высокую перспективность участка.

**Участок Тоупугольский** располагается в западной части Ханмейшорского потенциального рудного поля, в 4-х км западнее месторождения Новогоднее-Монто (см. Рисунок 2.1). Участок приурочен к штокообразному выступу габбро-диоритов, диоритов, диорит-порфиров собского рудоносного комплекса, вытянутому в субмеридиональном направлении, и его экзоконтактам. Ограничивается и рассекается системой разнонаправленных разрывных нарушений. Участок маркируется серией слабоконтрастных магнитных аномалий (см. Рисунок 2.5). Здесь же установлены крупные геохимические аномалии меди, свинца, бария.

Вмещающая вулканогенно-осадочная тоупугольская толща включает пачку мраморизованных известняков мощностью до 30 м с прослоями туфогенно-осадочных пород и андезитобазальтов (Рисунок 4.8). На контактах карбонатных и силикатных пород поисковыми работами выявлены маломощные (первые метры) тела магнетитовых руд с сульфидной (пирит) минерализацией. Тела магнетитов сопровождаются пироксен-гранатовыми скарнами. В магнетитах, скарнах и известняках с прожилково-вкрапленной сульфидно-магнетитовой минерализацией установлены пересечения с содержаниями золота от долей до 6,6 г/т.

Диориты и диорит-порфиры массива несут зоны сильных метасоматических изменений кальцит-эпидот-хлорит-альбитового и кварц-серицитового состава, сходные зонам золотоносных метасоматитов месторождения Петропавловское, однако высоких концентраций золота (при общем повышенном его фоне) не обнаружено.

Таким образом, в пределах участка Тоупугольский установлена золотосодержащая магнетитовая минерализация, отвечающая по комплексу признаков золото-сульфидно-магнетитовому оруденению месторождения Новогоднее-Монто. Однако, при значительном сходстве минералого-геохимической характеристики объекта с эталонным месторождением, отличительной особенностью скарново-магнетитового оруденения Тоупугольского участка является низкое содержание кобальта и мышьяка в пирите.



Условные обозначения см. Рисунок 3.4

Рисунок 4.8 — Участок Тоупугольский, схематический геолого-геофизический разрез (оставлено автором по собственным материалам [Волчков, 2008ф] и первичным материалам поисковых работ АО «ЯГК» [Бординов, 2005ф], с дополнениями)

Перспективы участка Тоупугольский рассматриваются как не до конца установленными. Не исключен вариант выявления промышленных тел золото-сульфидно-магнетитовых руд. Условием локализации последних является наличие интенсивных локальных дислокаций типа флексурных приразломных складок, располагающихся в непосредственной близости от контакта Тоупугольского штока.

На *участке Ханмейшорский* (см. Рисунок 2.1) установлены лишь редуцированные элементы модели месторождения Новогоднее-Монто. Он располагается в северо-восточной части Ханмейшорского рудного поля, где породы тоупугольской толщи прорваны крупными пластинчатыми телами диоритов и диорит-порфиритов собского рудоносного комплекса. Участок маркируется серией слабо контрастных аномалий кажущейся поляризуемости и мелкими мало-контрастными магнитными аномалиями (см. Рисунок 2.5).

Участок является наиболее «старым» из известных золотопроявлений Тоупугол-Ханмейшорского рудного узла. Еще при геологосъемочных работах [Прямоносков, 1994ф], и последующих точечных поисковых работах [Гаптулкадыров, 1999ф] было отмечено, что в метасоматически измененных диоритах присутствует серия кулисообразных прожилковых кварц-кальцитовых

зон в сопровождении пропилитов (альбитсодержащих метасоматитов), содержащих золотоносный пирит. Содержания золота были установлены в интервале от десятых долей г/т до 3 – 4 г/т (наиболее мощный интервал 10,8 м со средним содержанием золота 2,4 г/т). После открытия месторождения Петропавловское, данное рудопроявление рассматривалось, как наиболее перспективное на золото-сульфидное оруденение «петропавловского типа».

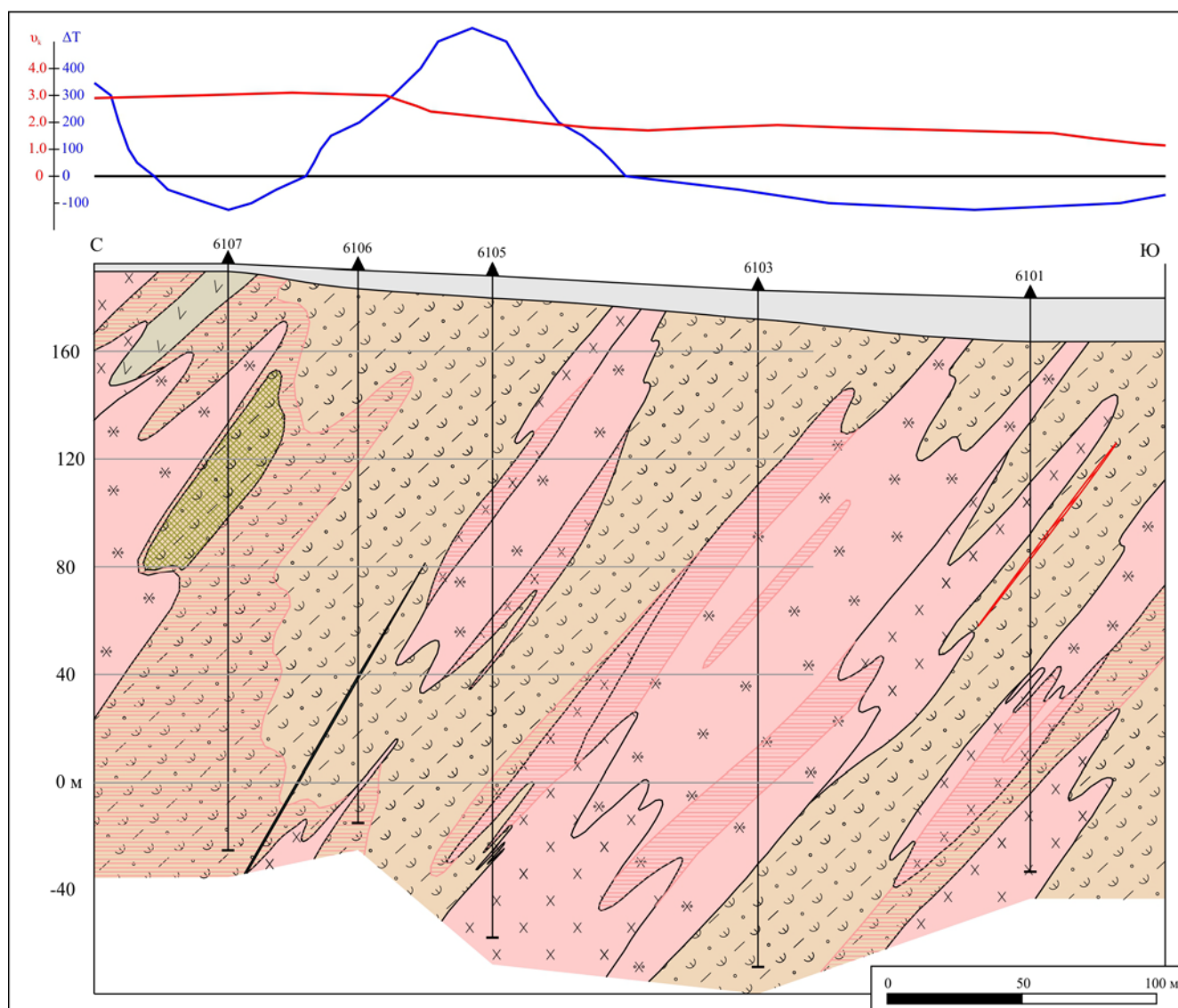
Поисковыми работами АО «ЯГК» [Бординов, 2005ф] карбонатных пород в составе тоугольской толщи не выявлено, однако вскрыты интервалы скарнов с сульфидно-магнетитовой прожилково-вкрапленной минерализацией, что предполагает возможность присутствия карбонатных пород в разрезе (Рисунок 4.9). Скарны сочетаются с ореолами околоскарновых кварц-хлорит-эпидотовых также минерализованных метасоматитов. Кондиционных рудных пересечений среди этих образований не выявлено.

Вместе с тем, было установлено широкое распространение альбитсодержащих (кварц-альбитовых) метасоматитов в эндо-экзоконтактах тел порфиридных и порфириновых диоритов и кварцевых диоритов, аналогичных продуктивным образованиям месторождения Петропавловское. Именно с метасоматическим альбитом (по результатам микроскопических исследований) сопряжена основная масса сульфидной, в том числе и золотоносной, минерализации [Волчков, 2008ф]. Пирит золотоносный — содержит от 1 до 20 – 40 г/т золота, содержит повышенные концентрации Те и Вi. В целом по изотопно-геохимическим характеристикам минерализация идентична рудам Петропавловского месторождения. Поздняя «березитизация» на участке проявлена ограничено.

Не смотря на широкое распространение потенциально продуктивных метасоматических образований «петропавловского типа» и интенсивной пиритовой минерализации в них, золотоносность участка Ханмейшорский, в отличие от рассмотренного выше участка Аномальный, выражена фрагментарно. Установлено только несколько маломощных рудных пересечений порядка 1 м с содержаниями золота до 1–2 г/т (одно 9,8 г/т). При этом, данные интервалы имеют четкую приуроченность либо к контактам тел диорит-порфиринов, либо к внешним краевым частям ореола сопряженных с ними кварц-альбитовых метасоматитов — оконтуривают метасоматический ореол с внутренних и внешних краев.

В целом, автором и специалистами ЦНИГРИ [Волчков, 2008ф] предполагается, что поисковыми работами вскрыты фланги («пиритовый ореол») рудоносной зоны. Таким образом, нельзя исключить возможность выявления промышленного золоторудного объекта «петропавловского типа» в пределах участка и прилегающей территории. В пользу этого говорят структурная позиция участка, сходная с месторождением Петропавловское, наличие геофизических и геохимических аномалий. Скарновое оруденение «новогодненского типа» здесь сильно редуцировано и не сопровождается золотоносностью.





Условные обозначения см. Рисунок 3.4

Рисунок 4.9 — Участок Ханмейшорский, схематический геолого-геофизический разрез (оставлено автором по собственным материалам [Волчков, 2008ф] и первичным материалам поисковых работ АО «ЯГК» [Бординов, 2005ф], с дополнениями)

Рассмотрев перспективные участки (рудопроявления) Ханмейшорского рудного поля следует также подчеркнуть, что невысокие параметры оруденения выявленные здесь к настоящему времени, при наличии практически полного набора элементов моделей эталонных месторождений Новогоднее-Монто и Петропавловское, могут быть связаны в частности с более значительным эрозионным срезом этой части Тоупугол-Ханмейшорского рудного узла, по сравнению с Новогодненским рудным полем. Так, на примере участка Аномальный (см. Рисунок 4.7), можно предположить, что значительная часть золоторудных скарново-магнетитовых тел, локализуемых подобно месторождению Новогоднее-Монто в кровле постройки мраморов, могли быть уничтожены эрозией. Тем самым, в пределах рассмотренных участков Ханмейшорского рудного

поля мы, возможно, наблюдаем на современном эрозионном срезе лишь нижние части рудномагматической системы с нижними и фланговыми фрагментами рудных тел.

Особенностью практически всех перспективных участков Ханмейшорского рудного поля является тесная пространственная ассоциация скарнового оруденения «новогодненского типа» и золото-сульфидного в альбитсодержащих (преимущественно кварц-альбитовых) метасоматитах «петропавловского типа», которые в пределах Новогодненского рудного поля пространственно разобщены. Также заметно крайне редуцированное проявление линейных зон золотоносных «березитовых» метасоматитов (что может также указывать на значительный эрозионный срез РМС рудного поля).

В заключении стоит еще раз отметить, что на рассмотренных участках Новогодненского и Ханмейшорского рудных поле выявлен практически полный комплекс элементов модели месторождения Новогоднее-Монто, а в пределах Ханмейшорского рудного поля пространственно совмещенного или тесно сопряженного комплекса элементов модели Петропавловского месторождения. Это обстоятельство позволяет надеяться, что перспективы этих участков еще далеко не раскрыты.

Также в пределах Тоупугол-Ханмейшорского рудного узла остается ряд известных с 80-х годов XX века пунктов минерализации с установленными повышенными содержаниями золота, поисковые работы на которых не проводились и ряд площадей, где современные геофизические, геохимические и геологические исследования вообще не проводились и потенциал их не раскрыт.

К таким площадям можно отнести западную часть Тоупугол-Ханмейшорского рудного узла, где выходят базальтоиды и флишоиды основания Малоуральского ВПП. Учитывая, что интрузивы рудоносного комплекса прорывают и породы основания, не исключена вероятность выявления рудных скоплений и в этой части узла.

Зачастую породы подстилающие комплексы продуктивной ВПА не рассматриваются в качестве локализаторов промышленного оруденения. Однако, поисковые работы последних лет, к примеру, в пределах Ауэрбаховского рудного узла, показали, что золоторудные объекты с промышленными параметрами присутствуют и в породах подстилающих продуктивную ВПА — в том случае в трахибазальт-трахиандезитовой туринской свите, считавшейся долгие годы «стерильной» на оруденение, поскольку собственная вулcano-плутоническая ассоциация является непродуктивной. Одним из первых таких объектов было выявлено месторождение Пещерное [Горелов, 2018ф] с запасами золота порядка 9 тонн. При этом, по ряду особенностей, главным образом по наиболее золотоносным метасоматическим образованиям — кварц-альбитовым метасоматитам, по мнению автора, Пещерное месторождение достаточно близко модели месторождения Петропавловское.

В породах основания ВПП в пределах Тоупугол-Ханмейшорского рудного узла также можно ожидать выявления промышленных концентраций золота при этом отдельные проявления известны с 70-х г.г. XX века, как, например, участок Соколиный.

**Участок Соколиный** приурочен к породам соколиной толщи ордовика-раннего силура, прорванной телами гранодиоритового состава (вероятно собского комплекса). По данным В.П. Еремина [Еремин, 1974ф], в пределах участка присутствует две зоны рудной минерализации. Первая зона мощностью 2 м в туфах представлена редкой сетью кварцевых прожилков мощностью 1–3 мм с редкой вкрапленностью пирита и халькопирита (до 1–2 %). Вторая зона мощностью 50 м залегает среди альбитофиров, состоит из четырех разрозненных параллельных четко-видных кварцевых жил мощностью 10 – 30 см. Жилы и околожильное пространство сульфидизированы (пирит, халькопирит) — вкрапленность, мелкие гнезда, тонкие прожилки. Максимальное содержание Cu — 0,39 %, отмечены повышенные содержания кобальта. Более поздними работами [Прямоносков, 1994ф] в пределах участка были выявлены содержания золота в диапазоне от 0,2 до 1,58 г/т. Ревизионные работы ЦНИГРИ, проведенные под руководством автора [Риндзюнская, 2005], подтвердили наличие повышенных содержаний золота в пределах участка — 0,2 – 1,52 г/т.

Таким образом перспективность всей западной части Тоупугол-Ханмейшорского рудного узла на выявления золоторудных объектов остается достаточно высокой.

Исходя из вышесказанного, можно заключить, что, на примере Тоупугол-Ханмейшорского рудного узла и Новогодненского рудного поля, золотое оруденение в пределах Малоуральского ВПП связано с рудно-магматическими системами, сопоставимыми по ряду важных признаков с РМС порфирового типа. Области развития таких систем отвечают рудным полям, в пределах которых закономерно (пространственно и генетически) совмещены месторождения золото-сульфидных руд штокверкового «золото-порфирового» (Петропавловское), золото-сульфидно-магнетитового скарнового (Новогоднее-Монто) и золото-сульфидно-кварцевого жильно-прожилкового типов. Очевидно, что такой подход должен учитываться при определении направлений дальнейших ГРР в пределах Малоуральского ВПП.

На основе данных, накопленных при изучении Тоупугол-Ханмейшорского рудного узла и ряда других площадей Малоуральского ВПП, автором была дана положительная оценка перспективности ряда площадей и отдельных золоторудных проявлений южной части ВПП, где ранее были известны и в последние десятилетия выявлены новые рудопроявления, сходные по ряду признаков месторождениям Новогодненского рудного поля.

#### 4.3.2. Применение разработанной прогнозно-поисковой модели для оценки перспективности южной части Малоуральского ВПП

На основе совокупности элементов разработанной прогнозно-поисковой модели, автором проведен анализ и обобщение большого объема информации, полученной за достаточно длительную историю изучения площадей, расположенных в пределах южного Варчатинско-Таньюского сегмента Малоуральского ВПП. При анализе использованы материалы съемочных и поисковых работ разных лет, в том числе последних работ ООО «Ямалгео», ОАО «ПУГТП», ОАО «ЯГК», ИМГРЭ 2000-х – 2010-х годов, а также составленные автором прогнозно-металлогенические карты различных масштабов [Риндзюнская, 2004ф; Волчков, 2007ф].

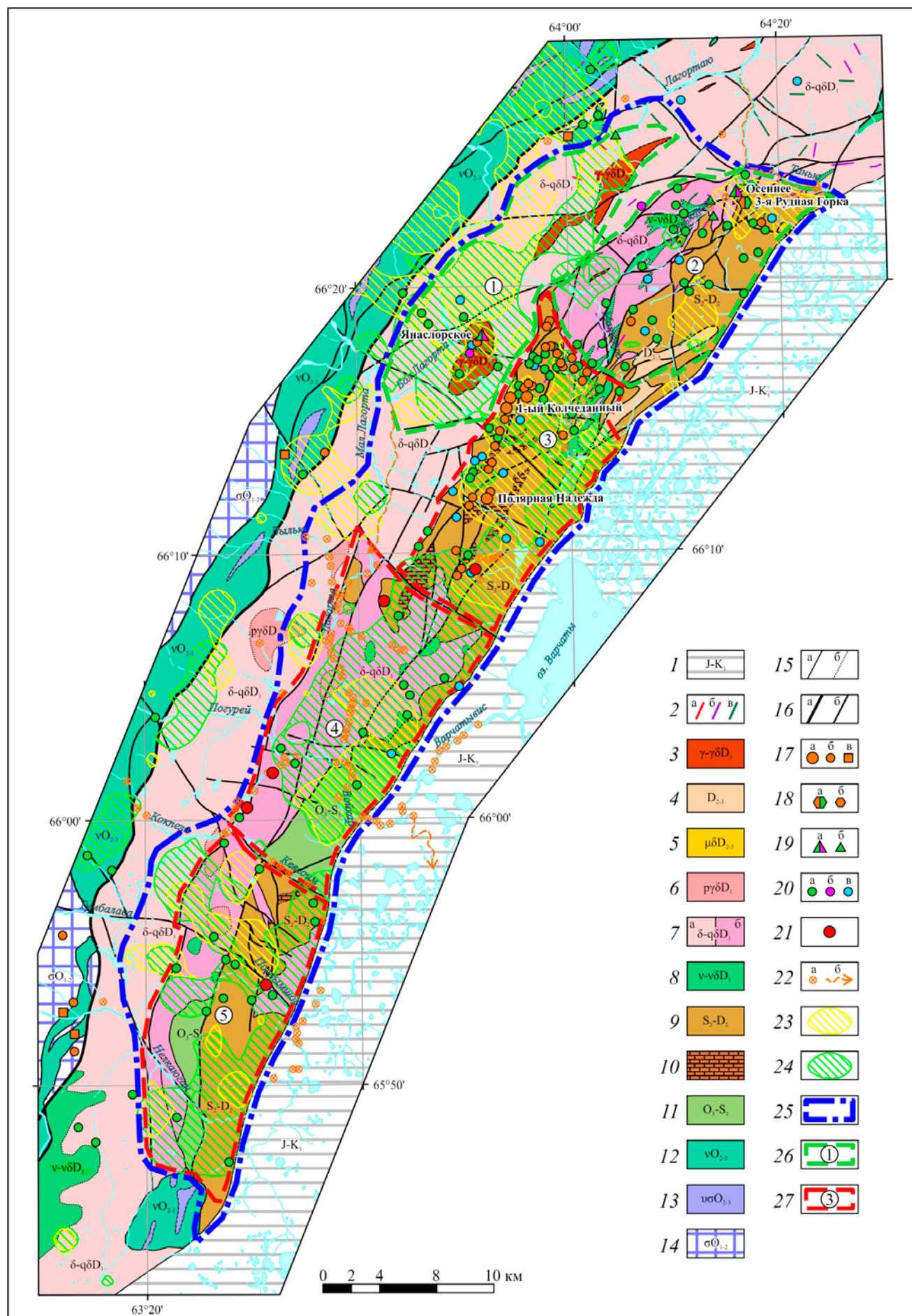
В пределах Варчатинско-Таньюского сегмента ранее были известны сульфидно-магнетитовые, скарновые, медно-порфировые проявления и зоны кварц-сульфидной метасоматической проработки. Исследованиями подтверждена потенциальная золотоносность этих образований [Риндзюнская, 2004ф; Волчков, 2007ф; Степанов, 2007ф; Шлома, 2011ф; Терентьев, 2012ф и др.], а на участках совмещения различных типов золоторудной минерализации автором прогнозируется увеличение концентраций золота до промышленных содержаний.

Использование созданной прогнозно-поисковой модели позволило автору выделить потенциально-продуктивные площади разного ранга. В результате, в качестве наиболее перспективной площади для выявления новых промышленных золоторудных объектов, автором определен Таньюско-Лагортинский молибден-медно-золоторудный район (1140 км<sup>2</sup>) южной части ВПП [Андреев, 2018<sup>1</sup>, 2021], с характерным для рудных районов и узлов восточной части Урала (Ауэрбаховский, Варваринский и другие) комплексным золотым и медным оруденением различных рудно-формационных типов (см. Рисунок 1.1).

##### **Таньюско-Лагортинский рудный район**

Металлогенический анализ территории Таньюско-Лагортинского рудного района позволил автору оконтурить в его пределах пять площадей в ранге потенциальных рудных узлов (ПРУ) (Рисунок 4.10): Элькошорский — специализированный на оруденение (молибден)-медно-порфирового (рудопроявление Осеннее) и золото-медно-железо-скарнового (3-я Рудная Горка) типов; Янаслорский — медно-молибден-порфирового типа (Янаслорское); Манюкуйский — с проявлениями золото-сульфидно-кварцевого линейно-штокверкового типа (Полярная Надежда, 1-й Колчеданный, Геохимическое и др.) и с перспективами выявления сопряженной минерализации золото-порфирового и золото-скарнового типов; Погурейский и Кокпельский (практически не изучены в поисковом отношении), однако по своему геологическому строению и ряду установленных при предшествующих ГРП признаков, отвечающих разработанной модели, сходны Манюкуйскому ПРУ и обладают перспективами на дальнейшее выявление золотого оруденения.





**Условные обозначения к рисунку 4.10** — комплексы перекрывающие и прорывающие ВПА Малоуральского ВПП: 1 — осадочный чехол Западно-Сибирской плиты (J-K<sub>1</sub>); 2 — дайки нерасчлененные: а) кислого, б) среднего, в) основного составов; 3 — янаслорский гранитовый комплекс (γ-γδD<sub>3</sub>): граниты, гранодиориты (потенциально продуктивен на медно-молибден-порфировое оруденение); 4 — дзеля-варчатинская свита (D<sub>2-3</sub>): вулканогенно-терригенные породы, известняки (аналог тоупугольгартской толщи эталонного рудного узла); 5 — конгорский монцогаббро-монцодиоритовый комплекс (μδD<sub>2-3</sub>): штоки монцодиоритов; продуктивная ВПА Малоуральского ВПП: собский габбро-кварцдиорит-тоналитовый комплекс (D<sub>1</sub>), продуктивный на золото-сульфидно-кварцевое и молибден-медно-порфировое оруденение: 6 — плагиограниты, тоналиты (рγδ), 7 — а) диориты, кварцевые диориты (δ-qδ), б) то же, потенциально рудоносные гиабиссальные фации, 8 — габбро, габбро-диориты (v-vδ); 9 — малоуральская свита (S<sub>2</sub>-D<sub>2</sub>): верхняя подсвита — лавы и туфы трахибазальтов, трахиандезитов, трахидацитов (аналог кевсоимской толщи), нижняя подсвита — лавы и туфы базальтов, андезитобазальтов, вулканогенно-осадочные породы (аналог тоупугольской толщи) — основные стратифицированные образования вмещающие золото-сульфидно-кварцевое оруденение, 10 — рифогенные известняки; комплексы основания и рамы Малоуральского ВПП: 11 — войкарская свита (O<sub>2</sub>-S<sub>1</sub>): базальты, яшмоиды (аналог соколинской толщи); кэршорский гипербазит-габбровый комплекс (O<sub>2-3</sub>): 12 — габброиды (v), 13 — гипербазиты (vσ); 14 — райзско-войкарский гипербазитовый комплекс (σO<sub>1-2</sub>); 15 — геологические границы: а) разновозрастных подразделений, б) фациальные; 16 — разрывные нарушения: а) главные (Хулгинско-Пятиреченский глубинный разлом), б) прочие разломы; 17 — а) рудопроявления и б) пункты минерализации золото-сульфидно-кварцевого типа, 18 — а) рудопроявления и б) пункты минерализации (медно)-золото-магнетитового типа в скарнах; 19 — а) рудопроявления и б) пункты минерализации молибден-медно-порфирового типа; 20 — прочие пункты минерализации: а) меди, б) молибдена, в) полиметаллов; 21 — проявления интенсивной сульфидной минерализации ранее не опробованные на золото; 22 — проявления россыпного золота: а) отдельные шлиховые и шлихогеохимические пробы, б) потоки рассеяния; 23 — геохимические поля Au+Ag+As с коэффициентом концентрации >5, 24 — геохимические поля Cu+Mo с коэффициентом концентрации >3; 25 — контур Таньюско-Лагортинского рудного района; контуры потенциальных рудных узлов (ПРУ): 26 — специализированных на молибден-медно-порфировое оруденение: Янаслорский (1), Элькошорский (2); 27 — специализированных на золото-сульфидно-кварцевое оруденение: Манюкуйский (3), Кевсоимский (4), Кокпельский (5)

**Условные обозначения к рисунку 4.11** — комплексы перекрывающие и прорывающие ВПА Малоуральского ВПП: 1 — четвертичные отложения повышенной мощности, 2 — осадочный чехол Западно-Сибирской плиты (J-K<sub>1</sub>); 3 — дайки нерасчлененные: а) кислого, б) среднего, в) основного составов; 4 — янаслорский гранодиорит-гранитовый комплекс (γδD<sub>3</sub>); 5 — дзеля-варчатинская свита (D<sub>2-3</sub>): вулканомиктовые терригенные породы, известняки; 6 — конгорский монцогаббро-монцодиоритовый комплекс (μδD<sub>2-3</sub>); продуктивная ВПА Малоуральского ВПП: собский габбро-кварцдиорит-тоналитовый комплекс (D<sub>1s</sub>), продуктивный на золото-сульфидно-кварцевое и молибден-медно-порфировое оруденение: 7 — плагиограниты, тоналиты (рγδ), 8 — диориты, кварцевые диориты (δ-qδ), 9 — то же, потенциально рудоносные гиабиссальные фации, 10 — габбро, габбро-диориты (v-vδ); 11 — малоуральская свита, верхняя подсвита (S<sub>2</sub>-D<sub>2</sub> mu<sub>2</sub>): лавы и туфы трахибазальтов, трахиандезитов, трахидацитов, 12 — нижняя подсвита (mu<sub>1</sub>) — лавы и туфы базальтов, андезитобазальтов, вулканогенно-осадочные породы — основные стратифицированные образования вмещающие золото-сульфидно-кварцевое оруденение, 13 — рифогенные известняки; комплексы основания и рамы Малоуральского ВПП: 14 — войкарская свита (O<sub>2</sub>-S<sub>1</sub>): базальты, яшмоиды; кэршорский гипербазит-габбровый комплекс (O<sub>2-3</sub>): 15 — габброиды (v), 16 — гипербазиты (vσ); 17 — геологические границы: а) разновозрастных подразделений, б) фациальные; 18 — разрывные нарушения; 19 — потенциально-золотоносные зоны хлорит-серицит-кварцевых метасоматитов с пиритовой минерализацией: а) площадные, б) линейные; 20 — а) рудопроявления и б) пункты минерализации золото-сульфидно-кварцевого типа, 21 — пункты минерализации: а) меди, б) молибдена, в) полиметаллов, г) кобальта, д) железа; 22 — проявления интенсивной сульфидной минерализации ранее не опробованные на золото; 23 — проявления россыпного золота в шлиховых и шлихогеохимических пробах; 24 — геохимические поля Au+Ag+As: с коэффициентами концентрации: а) 5-6, б) 6-8, в) >8, 25 — геохимические поля Cu+Mo с коэффициентами концентрации: а) 3-5, б) 5-8, в) >8; 26 — контуры потенциальных золоторудных узлов

Карты Таньюско-Лагортинского района и узлов в его пределах составлены автором с использованием материалов ГГК-200 второго поколения (листы Q-41-XVI, XVII, XXI-XXII), поисковых работ (Костюк Б.Ф., 1964ф; Галиуллин И.З., 2009ф; Терентьев Р.А., 2009ф, 2012ф; Шлома А.А., 2011ф), геохимических работ ООО «Ямалгео» [Степанов, 2007ф], собственных данных автора [Риндзюнская, 2004ф; Волчков, 2007], с дополнениями.

Рисунок 4.10 — Геологическая карта Таньюско-Лагортинского рудного района с элементами прогноза золото-сульфидно-кварцевого и молибден-медно-порфирового оруденения [Андреев, 2021]



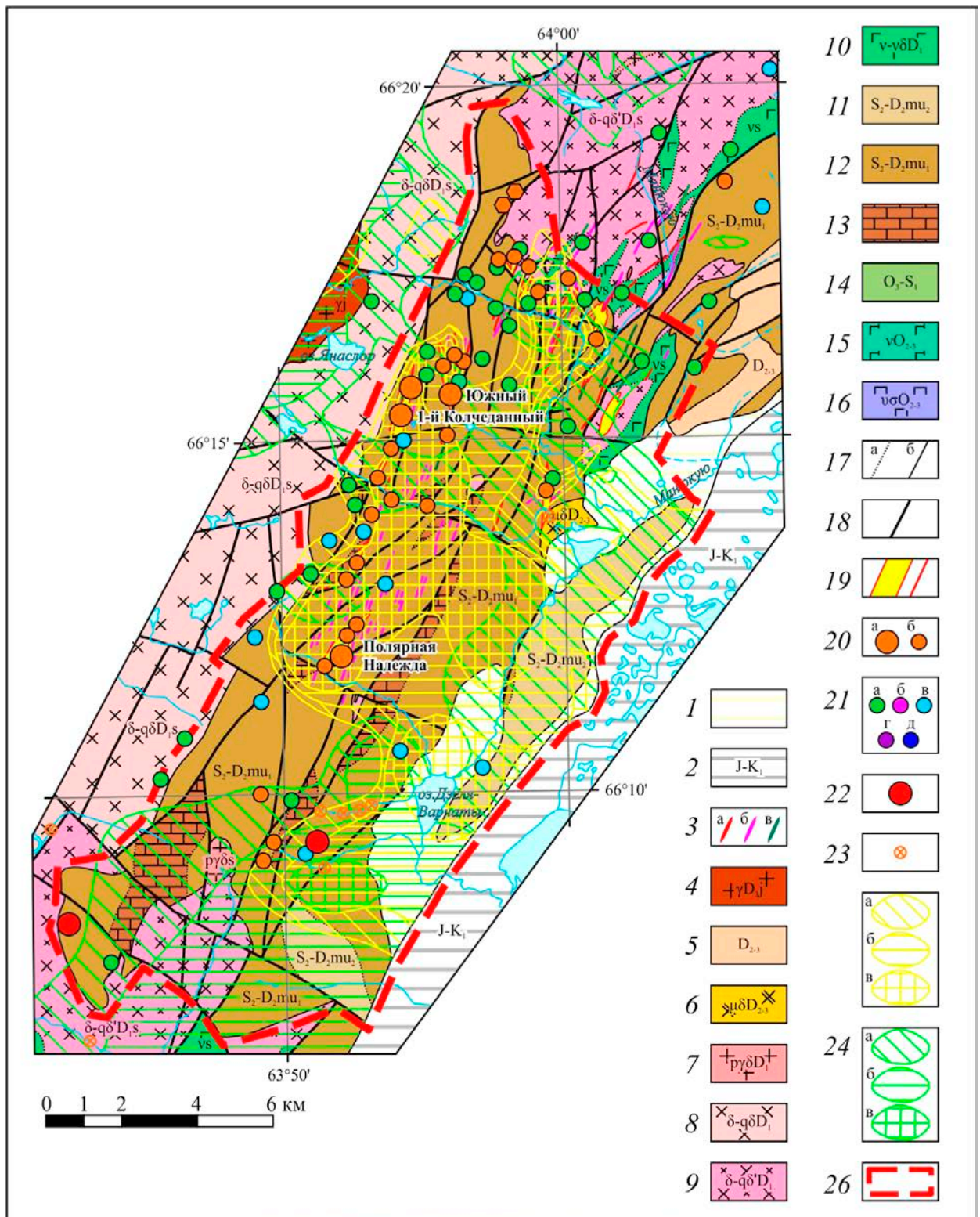
Ранее проведенные поисковые работы на медно-порфировое оруденение в пределах Элькошорского и Янаслорского ПРУ [Кучерина, 1991ф., Кривцов, 2010ф, Шлома, 2011ф] не позволили выявить промышленно значимых медно- и молибден-медно-порфировых руд. Не смотря на сохранение перспектив для выявления промышленных месторождений медно-порфирового семейства, в настоящее время в качестве первоочередных объектов постановки новых поисковых работ данные площади автором не рассматриваются.

По-другому выглядит ситуация с перспективами на выявление в пределах Таньюско-Лагортинского рудного района золотородных месторождений структурно-вещественных типов, характерных для эталонного Тоупугол-Ханмейшорского рудного узла. По совокупности геолого-поисковых признаков, отвечающих разработанной прогнозно-поисковой модели, в качестве наиболее перспективных автором рассматриваются Манюкуюский и Кокпельский ПРУ (см. Рисунок 4.10). Площади этих узлов характеризуются благоприятным умеренным эрозионным срезом, о чем говорит сохранность вулканогенно-осадочной составляющей продуктивной ВПА (основные рудовмещающие образования в пределах эталонной площади); наличием тел потенциально-рудноносных порфировых фаз собского интрузивного комплекса (диорит- и кварцдиорит-порфириды), зон метасоматитов хлорит-альбит-серицит-кварцевого состава с сульфидной минерализацией, комплексных геохимических ореолов  $\text{Cu}+\text{Mo}$  и  $\text{Au}+\text{Ag}+\text{As}$ , дифференцированного магнитного поля, характер которого указывает на возможность обнаружения как новых минерализованных зон золото-сульфидной прожилково-вкрапленной минерализации, так и золотоносных скарново-магнетитовых тел.

Первостепенными для опоискования на золото в пределах указанных ПРУ являются участки развития зон линейных и площадных метасоматитов хлорит-альбит-серицит-кварцевого состава с прожилково-вкрапленной сульфидной минерализацией, получившие при геолого-съемочных и поисковых работах 1960-х г.г. (Костюк Б.Ф., 1964 г.; Литовченко Н.И., 1964 г.; Овчинников Б.М., 1964 г.) названия «Колчеданные», так как изначально изучались на предмет выявления медно-колчеданного оруденения. Информация о потенциальной золотоносности этих участков появилась в конце 1980-х гг. при проведении ГДП-50 (Шапорев П.А., 1986 г.; Кучерина П.М., 1991 г.). Однако, специализированные работы на золото с применением горных выработок и бурения в пределах таких участков проводились в небольших объемах только в период 2000-х – начала 2010-х годов [Степанов, 2008ф; Галиуллин, 2009ф, Терентьев, 2012ф, Шлома, 2011ф].

**Манюкуюский ПРУ** — 160 км<sup>2</sup> (Рисунок 4.11). При проведении ГДП-50 и позднее, в ходе поисково-ревизионных работ ЦНИГРИ [Риндзюнская, 2004ф], в пределах Манюкуюского ПРУ автором были установлены повышенные содержания золота в штучных пробах и потоках рассеяния; далее ОАО «ПУГГП» [Галиуллин, 2009], а затем ИМРГЭ [Терентьев, 2009] по рекоменда-

циям и на основе разработанной автором совместно с другими специалистами ЦНИГРИ предварительной прогнозно-поисковой модели, были выявлены геохимические аномалии золота и рудные пресечения в пределах участков 1-й Колчеданный и Южный.



Условные обозначения см. Рисунок 4.10

Рисунок 4.11 — Схематическая геологическая карта Манюкуйского потенциального рудного узла с элементами прогноза золото-сульфидно-кварцевого оруденения [Андреев, 2021]

В 2009 – 2012 гг. при продолжении поисково-ревизионных геолого-геохимических работ ИМГРЭ [Терентьев, 2012ф] были проведены горные работы и бурение в пределах трех комплексных (Au, Ag, Cu, Mo, Pb, Zn и др.) геохимических аномалий и установлено ряд пересечений с повышенными содержаниями золота; выявленные золоторудные проявления были названы Полярная Надежда (наиболее изученное в ходе этих работ), Геохимическое и Благодарное.

Тем самым, в пределах рассматриваемого ПРУ предшествующими работами выявлен обширный комплекс поисковых критериев и признаков золото-сульфидно-кварцевого оруденения, отвечающий элементам разработанной прогнозно-поисковой модели, а самое главное — рудные пересечения с поверхности и на глубине с содержаниями золота, сопоставимыми с содержаниями на эталонных месторождениях, что указывает на достаточно высокую перспективность узла для продолжения поисковых работ с целью выявления промышленных золоторудных объектов.

**Рудопроявление Полярная Надежда** на настоящий момент рассматривается как основной — наиболее перспективный объект Манюкюского ПРУ. Работами ИМГРЭ [Терентьев, 2012ф] на рудопроявлении канавами ручной проходки и скважинами в зонах (ореолах) распространения пиритовой минерализации в вулканогенных и вулканогенно-терригенных породах, тяготеющих к экзоконтактам дайкообразных тел диорит-порфириров, выявлено 14 рудных пересечений мощностью от 1,4 до 24 м, с содержаниями золота от 1,0 до 5,93 г/т. Среднее прогнозируемое содержание золота по данным этих работ составило 2,44 г/т. Золоторудная минерализация сопровождается повышенными содержаниями серебра 0,5-15,6 г/т и ртути.

Несмотря на полученные положительные результаты, в ходе этих работ была изучена только небольшая часть рудопроявления (комплексного геохимического ореола). Это обстоятельство затруднило определение реальной морфологии, простираения и масштабов минерализованных метасоматических зон и рудных тел в их пределах. В то же время, полученные данные позволили существенно уточнить основные критерии и признаки золотого оруденения Манюкюского ПРУ и повысили его перспективность на выявление промышленных золоторудных объектов.

Другие перспективные участки Манюкюского ПРУ к северу от рудопроявления Полярная Надежда изучены гораздо слабее и требуют проведения исследований, позволяющих установить или уточнить ряд признаков разработанной прогнозно-поисковой модели, в том числе определить масштабы развития метасоматических изменений и приуроченной к ним потенциально золотоносной сульфидной минерализации. К таким участкам относятся следующие: Геохимическое — подсечение в скважине интервала 7 м со средним содержанием золота 1,44 г/т; Благодарное — комплексная геохимическая аномалии в ВОР площадью 1,3 км<sup>2</sup>, интервалы по поверхности мощностью от 3 до 9 м с содержаниями золота до 1,0-1,54 г/т; 1-й Колчеданный и Южный —

рудные пересечения в канавах с содержаниями золота от десятых долей до 3,1 г/т на мощности 1 – 3 м, наличие скарнов с выявленными содержаниями золота на уровне 0,2 – 0,4 г/т.

Наименее изучена южная часть Манюкуевского узла, где поисковых работ практически не проводилось. Лишь при ревизионных исследованиях автора [Риндзюнская, 2004ф] в ряде штучных проб, отобранных из элювиально-делювиальных развалов минерализованных метасоматитов, схожих с метасоматическими образованиями основных перспективных участков, были выявлены повышенные содержания золота от 0,12 до 0,92 г/т. Данные факты могут указывать о наличии потенциального оруденения и в этой части Манюкуевского ПРУ.

Учитывая широкое распространение в пределах Манюкуевского ПРУ элементов-признаков, отвечающих разработанной прогнозно-поисковой модели, данный узел весьма близок эталонному Тоупугол-Ханмейшорскому рудному узлу. Ниже приведены основные из этих элементов:

- формационные — рудоносная габбро-кварцдиорит-тоналитовая (D<sub>1</sub>) интрузивная формация (собский комплекс), образующая продуктивную ВПА с базальт-андезитобазальтовой вулканогенно-терригенной формацией (S<sub>2</sub>-D<sub>1</sub>);

- литолого-петрологические — штоки и пояса даек диоритов, кварцевых диоритов и их порфировых разностей;

- структурные — интенсивно тектонически дислоцированная экзоконтактовая область массива гранитоидов собского комплекса, осложненная выступами и апофизами; пояса разновозрастных даек пестрого состава; субвертикальные зоны трещиноватости и расщепления в вулканогенно-осадочных породах и на контактах даек пестрого состава;

- метасоматические — поля гидротермальных изменений пород различной интенсивности, отвечающих полно проявленным (в пределах рудоносных участков) хлорит-альбитовых и альбитовых метасоматитам с наложенными на них зонами кварц-хлорит-кальцит-серицитовых метасоматитов («березитов») с кварцевыми прожилками и осевыми жилами; локально проявленные биметасоматические известковые скарны;

- рудно-минералогические — перспективные рудопроявления и пункты штокверковой, жильно-прожилковой и вкрапленной золотоносной и потенциально золотоносной сульфидной минерализации, сопровождающиеся широкими ореолами метасоматических изменений кварц-серицит-хлоритового и хлорит-альбитового состава, а также пункты минерализации меди, полиметаллов, тела магнетитовых и сульфидно-магнетитовых потенциально золотоносных руд в ассоциации со скарнами;

- геохимические — комплексные вторичные и первичные литохимические ореолы золота, серебра и их элементов спутников (меди, молибдена, мышьяка и др.)

– геофизические — крупные вытянутые по простиранию метасоматических зон поля аномалий ВП; дифференцированное магнитное поле в пределах рудоносных и потенциально рудоносных участков.

С учетом степени изученности Манюкуйского ПРУ, в его пределах можно прогнозировать выявление золоторудных объектов, сопоставимых по масштабам эталонным месторождениям Новогоднее-Монто и Петропавловское.

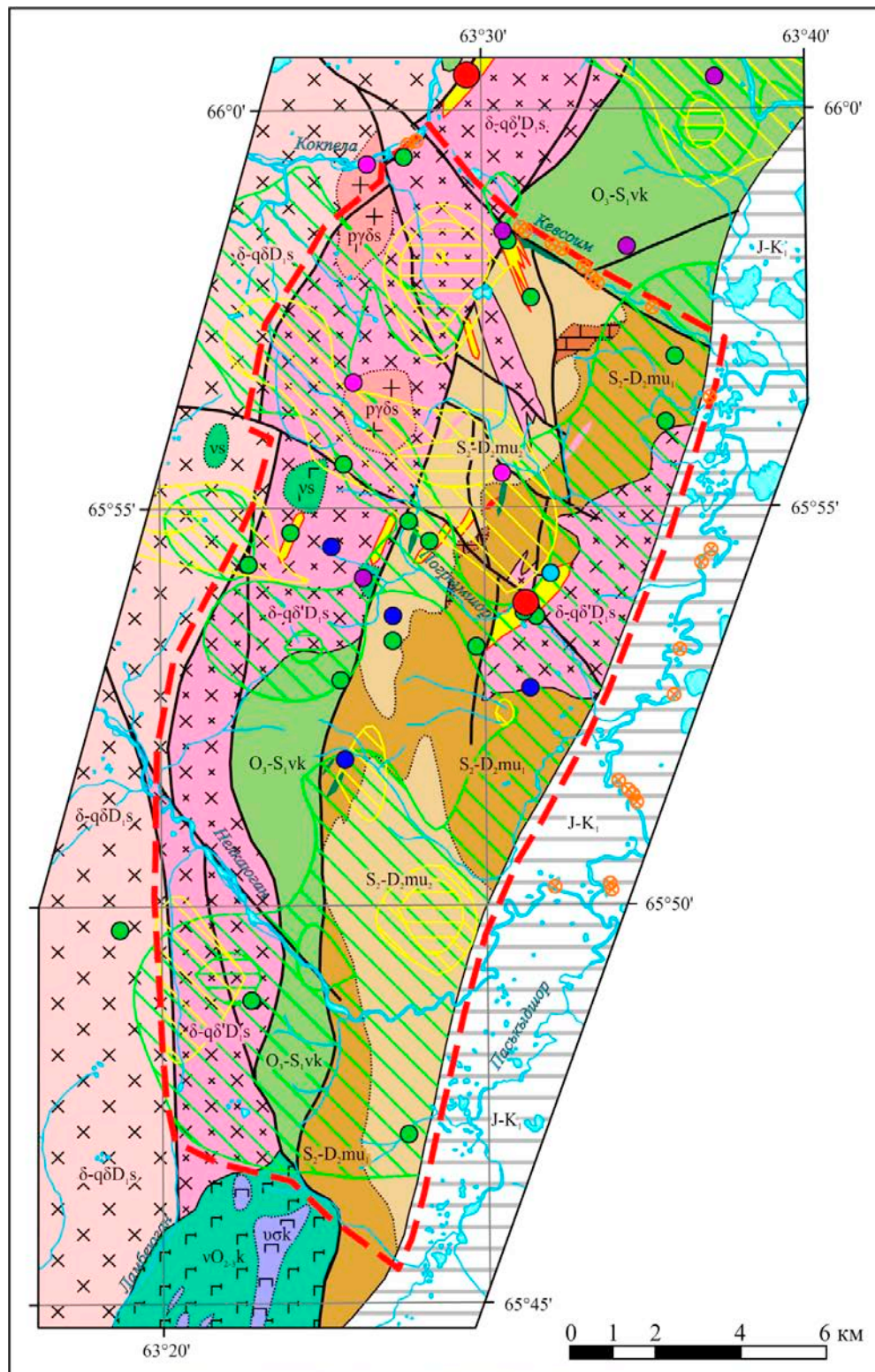
**Кокпельский ПРУ** — 190 км<sup>2</sup> (Рисунок 4.12). В поисковом отношении, в том числе на золото, степень изученности Кокпельского ПРУ существенно ниже по сравнению с Манюкуйским ПРУ, также отмечается низкая детальность его геологической изученности. Практически единственными крупномасштабными работами в пределах рассматриваемого узла являются работы ГСР-50 (Костюк Б.Ф., 1964 г.), и то, охватывающие лишь ее северную часть.

В ходе ранее проведенных ГРП в пределах Кокпельского ПРУ были выделены основные стратиграфические подразделения и крупные интрузивные тела, но в целом, составленная геологическая карта достаточно примитивна и не содержит необходимых данных для достоверного прогнозирования какого-либо оруденения. В частности, не отражены потенциально рудоносные малые интрузии и поля порфировых даек, ореолы метасоматических изменений и сульфидной минерализации, не оконтурены геохимические поля золота и элементов спутников. В результате неравномерного скопкового геохимического опробования был выявлен ряд пунктов минерализации потенциальных спутников золота: около 10 пунктов с повышенными содержаниями меди, единичные пункты с повышенными содержаниями молибдена, свинца, цинка, серебра.

Проявления кобальта и железа могут указывать на наличие потенциально золотоносной скарново-магнетитовой минерализации. Кроме того, было выявлено несколько протяженных (до сотен и первых тысяч метров) зон сульфидной минерализации, которые вскрывались малометражными канавами с отбором единичных проб на определение концентраций меди; на золото опробования не проводилось, однако оно отмечено в шлихах по некоторым водотокам.

В соответствии с изложенным, результаты ГСР-50 не выявили комплекса критериев и признаков, достаточных для прогноза золотого оруденения в пределах Кокпельского ПРУ. Вместе с тем, при последующих среднемасштабных тематических работах [Степанов, 2008ф] и подготовке ГГК-200 нового поколения (Расторгуев В.А., 2012ф) ряд таких критериев и признаков был установлен — отдельные порфировые интрузии, геохимические ореолы золото+серебро+мышьяк и медь+молибден, последние могут отражать проявления сопряженной минерализации (молибден)-медно-порфирового типа. При этом зачастую наблюдается пространственное совмещение этих двух типов геохимических ореолов, что указывает на возможную комплексность оруденения и необходимость при поисковых работах на золото проводить оценку промышленной значимости сопутствующего медного оруденения.





Условные обозначения см. Рисунок 4.10

Рисунок 4.12 — Схематическая геологическая карта Кокпельского потенциального рудного узла с элементами прогноза золото-сульфидно-кварцевого оруденения [Андреев, 2021]

Учитывая большое сходство Кокпельского ПРУ в геологическом строении с Манюкюуским и присутствие метасоматических образований с сульфидной минерализацией, аналогичных золотоносным метасоматитам более изученных площадей, перспективность Кокпельского ПРУ

на выявление золото-сульфидно-кварцевого оруденения различных структурно-вещественных типов строится автором на аналогии геологической позиции и строения с более изученными Манюкуйским и Тоупугол-Ханмейшорским узлами. Выявление прямых признаков золотого оруденения в пределах Кокпельского ПРУ предполагается в качестве основной задачи предлагаемых автором опережающих поисковых работ, и на их основе выделение и оконтуривания перспективных зон (участков) с золото-сульфидно-кварцевым и сопутствующим оруденением для заверки их горно-буровыми методами.

**Погурейский ПРУ** — 200 км<sup>2</sup> (см. Рисунок 4.10). Еще одной площадью, в пределах которой предшествующими ГРР был выявлен ряд признаков золотого оруденения, соответствующих разработанной автором прогнозно-поисковой модели, является Погурейский ПРУ, расположенный между Манюкуйским и Кокпельским. Данный ПРУ приурочен к относительно поднятому тектоническому блоку, в строении которого участвуют преимущественно ордовикско-силурийские вулканогенные комплексы основания ВПП и интрузивы собского комплекса, что указывает здесь на значительной эрозионный срез продуктивной ВПА. В связи с этим перспективы Погурейского ПРУ на выявление промышленного золотого оруденения меньше, чем в пределах Манюкуйского и Кокпельского ПРУ и данная площадь не рассматривается в качестве первоочередной в отношении постановки поисковых работ.

\* \* \*

В завершении характеристики перспективных на выявление золотого оруденения площадей Таньюско-Лагортинского рудного района следует отметить, что для успешного проведения дальнейших поисковых работ на рассмотренных площадях необходимо установление либо уточнение следующих поисковых признаков, соответствующих прогнозно-поисковой модели эталонных золоторудных объектов Тоупугол-Ханмейшорского рудного узла: проявлений вкрапленной и прожилково-вкрапленной золотоносной пиритовой минерализации; первичных и вторичных геохимических ореолов и аномалий золота и элементов спутников (Ag, Cu, Mo, Hg + As, Bi, Co, W, Pb, Zn, Ba); даек и малых интрузий порфировых диоритов и кварцевых диоритов; зон метасоматических изменений пород — альбитизации, окварцевания, серицитизации, пропицитизации, скарнирования; аномалий ВП, совпадающих с геохимическими аномалиями — для руд в метасоматических зонах, и аномалий магнитного поля, ВП и геохимических — для золото-мagnetит-скарнового оруденения.

В практике поисковых работ на рассматриваемые типы золотого оруденения, проводимых в различных странах мира, в том числе в России и странах СНГ, успешно используется устоявшееся оптимальное сочетание методов: наземная электроразведка с определением сопротивле-

ния и поляризуемости, магнитометрия (наземная либо с применением современных малых летательных аппаратов) и геохимические работы различных видов, а также геологическое картирование масштаба 1:25 000 – 1:10 000. Совмещение аномалий, выявленных этими методами, фиксирует участки развития золоторудной минерализации, масштабы и значение которой оцениваются традиционными горно-буровыми методами.

Результатом представленных в данном разделе исследований и обобщений явились разработанные автором для рассматриваемых перспективных площадей обоснования постановки поисковых работ и включение этих площадей в «Пообъектный план (перечень объектов) геолого-разведочных работ на твердые полезные ископаемые за счет средств федерального бюджета».

Учитывая близкое геологическое строение и металлогению многих Уральских ВПП, как это было отмечено в главах настоящей работы, представляется, что рассмотренные автором закономерности локализации перспективных площадей в пределах Малоуральского ВПП, можно использовать для прогноза и постановки поисковых работ на золотое оруденение, связанное с РМС, и в пределах 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 ГРП и обосновать их перспективность. Результаты исследований решили поставленные задачи и доказали защищаемые положения диссертационной работы.

1. Определено, что Тоупугол-Ханмейшорский рудный узел соответствует «провесу кровли» краевой части крупного батолитоподобного интрузивного массива собского рудоносного комплекса ( $D_1$ ) в узле пересечения зон разрывных нарушений. Последовательность стратифицированных и интрузивных геологических формаций, слагающих рудный узел, и состав продуктивной ВПА характерны для базальтоидных ВПП Урала.

Новогодненоское 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 в пределах рудного поля локализуются в интенсивно тектонически дислоцированных экзоконтактовых и надинтрузивных частях штокообразных интрузий, осложненных апофизами, поясами разновозрастных даек «пестрого» состава, флексуорообразными складками, зонами трещиноватости и рассланцевания.

2. Определено, что новогодненское рудное поле соответствует рудно-магматической системе (РМС), включающей интрузивы рудоносного собского комплекса и сопровождающие их рудно-метасоматические образования. 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 порфировидных и порфировых диоритов и кварцевых диоритов. Этот тип отнесен к золото-порфировой субформации.

3) Золото-сульфидно-кварцевый жильно-прожилковый тип — ассоциирует с линейными зонами березитоподобных кварц-хлорит-кальцит-серицитовых метасоматитов, приуроченными к тектоническим зонам дробления и трещиноватости. Данный тип сопоставляется с золото-сульфидно-кварцевой субформацией одноименной формации. В березитоподобных метасоматитах 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. На основе результатов комплекса изотопных и минералого-геохимических исследований 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 ЛИТЕРАТУРЫ

### Изданная

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. 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. Трусовой «Проблемы магматической и метаморфической петрологии» / МГГА. — М., 2001<sup>1</sup>. — С. 1.
3. 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<sup>1</sup>. — С. 38.
4. 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., 2016<sup>1</sup>. — С. 66–67.
5. 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.
6. 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.
7. 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., 2021<sup>1</sup>. — С. 11–13.

8. 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. — 2021<sup>2</sup>. — № 2. — С. 6–24.
9. 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. — С. 7–9.
10. Андреев, А.В. Рудные районы с меднопорфировым оруденением — перспективная минерально-сырьевая база меди Южного Урала / А.В. Андреев, М.М. Гирфанов, Д.А. Куликов, И.Ф. Мигачёв, О.В. Минина, О.В. Авилова, А.А. Красносельских, И.А. Старостин, А.А. Черемисин // Отечественная геология. — 2018<sup>2</sup>. — № 4. — С. 3–17.
11. 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., 2001<sup>2</sup>. — С. 5.
12. 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. — 2016<sup>2</sup>. — № 3. — С. 23–38.
13. Андреичев, В.Л. Новые данные о возрасте гранитоидов конгорского комплекса / В.Л. Андреичев, О.В. Удоратина // Изотопное датирование геол. процессов: новые методы и результаты / ИГЕМ РАН. М., 2000. — С. 28–30.
14. Баклаев, Я.П. К металлогении скарново-магнетитовых месторождений на Урале / Я.П. Баклаев // Скарново-магнетитовые месторождения Урала / УНЦ АН СССР. — Свердловск, 1978. — С. 3–35.
15. Баклаев, Я.П. Контактново-метасоматические месторождения железа и меди на Урале: закономерности их размещения и локализации / Я.П. Баклаев. — М. : Наука, 1973. — 231 с.
16. Баранников, А.Г. Особенности золоторудной минерализации на скарново-магнетитовом месторождении Урала / А.Г. Баранников, И.М. Минигулов // Тр. Ильменского государственного заповедника, вып. XIVII. Проблемы минералогии Урала / УНЦ АН СССР. — Свердловск, 1976. — С. 137–144.
17. Баранов, Э.Н. Изотопный состав серы пиритов скарново-магнетитовых месторождений Урала / Э.Н. Баранов, Л.Н. Гриненко, Г.П. Павлов // Геохимия. — 1985. — № 12. — С. 1713–1722.

18. Барышев, А.Н. Принципы мелко-среднемасштабного прогноза золоторудных месторождений на территории Полярного Урала / А.Н. Барышев, А.Г. Волчков, М.М. Гирфанов // Матер. региональной конф. «Геология и минерально-сырьевые ресурсы европейской территории России и Урала» / УрО РАН, МПР РФ, УГГА. — Екатеринбург, 2000. — С. 24–25.
19. Белевцев, Я.Н. О вулканогенно-осадочном происхождении магнетитовых руд Урала / Я.Н. Белевцев, В.П. Бухаров, В.В. Науменко // Геология рудных месторождений. — 1982. — № 1. — С. 53–66.
20. Беляшов, Н.М. Палеозойские формации Валерьяновской зоны Тургая и их рудоносность / Н.М. Беляшов // Советская геология. — 1983. — № 5. — С. 39–50.
21. Беневольский, Б.И. Перспективы создания рудной сырьевой базы золотодобывающей промышленности в Полярноуральском регионе / Б.И. Беневольский, А.Г. Волчков, А.Г. Процкий // Минеральные ресурсы России — Экономика и управление. — 2004. — № 2. — С. 10–15.
22. Вахрушев, В.А. Минералогия, геохимия и образование месторождений скарново-золоторудной формации / В.А. Вахрушев. — Новосибирск : Наука, 1972. — 238 с.
23. Викентьев, И.В. Золотоносность пирита золоторудного месторождения Петропавловское (Полярный Урал) по данным LA-ICP-MS, первые данные / И.В. Викентьев, В.Д. Абрамова, Ю.Н. Иванова, Е.Э. Тюкова // Доклады АН. — 2016. — Т. 470 (№ 3). — С. 326–330.
24. Викентьев, И.В. Золото-сульфидное оруденение Полярного Урала: условия образования и связь с гранитоидным магматизмом / И.В. Викентьев, Р.Х. Мансуров, А.П. Трофимов // Матер. науч.-практич. конф. «Гранитоиды: условия формирования и рудоносность» / Ин-т геохимии, минералогии и рудообразования НАНУ. — Киев, 2013. — С. 33–35.
25. Викентьев, И.В. Полярный Урал — металлогения и перспективы исследований / И.В. Викентьев // XXXII Смирновские науч. чтения «Проблемы исследования минерагенических районов Арктики и северных территорий России» / МГУ. — М., 2021. — С. 193–208.
26. Волков, А.В. Золото-скарновые месторождения Северо-Востока России / А.В. Волков, В.А. Сидоров, А.А. Сидоров // Доклады АН. — 2008. — Т. 418 (№ 6). — С. 797–801.
27. Волчков, А. Г. Перспективы развития минерально-сырьевой базы золота Полярного Урала (ЯНАО) / А. Г. Волчков, М.М. Гирфанов, В. П. Новиков // Тр. III Полярно-Уральской науч.-практ. конф. «Проблемы освоения минерально-сырьевой базы твердых полезных ископаемых на Полярном Урале» / Адм. ЯНАО, Деп. ПРР ЯНАО. — Салехард, 2007. — С. 42–44.
28. Гаськов, И.В. Новые данные о соотношении скарновой и золоторудной минерализации на Тарданском месторождении (Северо-Восточная Тува) / И.В. Гаськов // Геология и геофизика, 2008. — Т. 49 (№ 12). — С. 1227–1237.

29. 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. — С. 55–56.
30. Грабежев, А.И. Скарны Гумешевского скарново-медно-порфирового месторождения, Средний Урал / А.И. Грабежев // Петрология. — 2004. — № 12, 2. — С. 176–190.
31. Григорьев, В.В. Полиформационность метасоматитов месторождения Новогоднее-Монто и их отношение к золотому оруденению / В.В. Григорьев, Е.В. Мартянова // IX чтения А.Н. Заварницкого «Эволюция внутриконтинентальных подвижных поясов: тектоника, магматизм, метаморфизм, седиментогенез, полезные ископаемые» / ИГГ УрО РАН. — Екатеринбург, 2003<sup>1</sup>. — С. 164–166.
32. Григорьев, В.В. Состав «скарнового» и «кварцевого» золота месторождения Новогоднее-Монто (Полярный Урал) / В.В. Григорьев, Е.В. Мартянова // IX чтения А.Н. Заварницкого «Эволюция внутриконтинентальных подвижных поясов: тектоника, магматизм, метаморфизм, седиментогенез, полезные ископаемые» / ИГГ УрО РАН. — Екатеринбург, 2003<sup>2</sup>. — С. 166–167.
33. Гусев, А.И. Геология и золото-медно-скарновое оруденение Синюхинского рудного поля в Горном Алтае / А.И. Гусев // Руды и металлы. — 1998. — № 2. — С. 79–90.
34. 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.
35. Дерябин, Н.И. Околорудные породы и условия образования магнетитовых руд в месторождениях Северного Урала / Н.И. Дерябин // Скарново-магнетитовые месторождения Урала / УНЦ АН СССР. — Свердловск, 1978. — С. 54–63.
36. Душин, В.А. Благороднометалльная металлогения активизированных шовных зон уральского севера / В.А. Душин, В.С. Козьмин, А.А. Малюгин // Мат. Всероссийского совещ. «Алмазы и благородные металлы Тимано-Уральского региона» / ИГ Коми НЦ УрО РАН. — Сыктывкар, 2006. — С. 18–21.
37. Душин, В.А. Государственная геологическая карта Российской Федерации. Масштаб 1:200 000. Издание второе. Серия Полярно-Уральская. Лист Q-42-VII, VIII (Обской). Объяснительная записка / В. А. Душин, О. П. Сердюкова, А. А. Малюгин, И. А. Никулина, В. С. Козьмин, П. Л. Бурмако, И. В. Абатурова, Л. И. Козьмина. — СПб. : Картографическая фабрика ВСЕГЕИ, 2014. — 384 с.

38. Душин, В.А. Магматизм и геодинамика палеоконтинентального сектора севера Урала / В.А. Душин. — М. : Недра, 1997<sup>1</sup>. — 211 с.
39. Душин, В.А. Оценка перспектив и условий локализации новых и нетрадиционных видов минерального сырья севера Урала / В.А. Душин, В.И. Кузнецов, В.В. Григорьев // Тр. 1-й Полярно-Уральской науч.-практ. конф. «Полярный Урал – новая минерально-сырьевая база России» / ТГУ. — Тюмень, 1997<sup>2</sup>. — С. 26–36.
40. Дымкин, А.М. Состояние изученности проблемы скарно- и рудообразования (по матер. тез.) / А.М. Дымкин // Скарны и руды. — Новосибирск : Наука, 1983. — С. 20–23.
41. Дьяконов, В.В. Геолого-геохимические особенности золоторудного месторождение Новогоднее-Монто / В.В. Дьяконов, В.Е. Марков, Е.В. Карелина // Изв. ВУЗов. Геология и разведка. — 2001. — № 4. — С. 68–72.
42. Дьяконов, В.В. Особенности нахождения золота в рудах месторождения Новогоднее-Монто (Полярный Урал) / В.В. Дьяконов, Е.В. Карелина, Н.Н. Трофимов // Изв. ВУЗов. Геология и разведка. — 2002. — № 1. — С. 75–78.
43. Емельяненко, Т.И. Геохимические критерии оценки скарново-магнетитового оруденения Урала : автореф. дис. ... канд. геол.-мин. наук : 25.00.09 / Емельяненко Татьяна Ивановна. — М., 2002. — 26 с.
44. Жариков, В.А. Классификация метасоматитов / В.А. Жариков, Б.И. Емельяненко // Метасоматизм и рудообразование / Отв. ред. Д.С. Коржинский — М. : Наука, 1978. — С. 9–28.
45. Жариков, В.А. Скарновые месторождения / В.А. Жариков // Генезис эндогенных рудных месторождений / Ред. В.И. Смирнов. — М. : Недра, 1968. — С. 220–302.
46. Жариков, В.А. Условия скарнообразования по экспериментальным данным / В.А. Жариков // Эндогенное рудообразование / Отв. ред. В.А. Кузнецов — М. : Наука, 1985. — С. 101–113.
47. Железорудные формации Среднего и Южного Урала. Т. 1 / Под ред. А.Л. Яншина. — М. : Наука, 1989. — 250 с.
48. Зарайский, Г.П. Зональность и условия образования метасоматических пород / Г.П. Зарайский — М. : Наука, 1989. — 342 с.
49. Злотник-Хоткевич, А.Г. Полигенная золото-медная минерализация востока Урала / А.Г. Злотник-Хоткевич, А.А. Черемисин // Советская геология. — 1992. — № 10. — С. 17–25.
50. Знаменский, Н.Д. Геохимическая характеристика гранитоидов, сопровождающихся контактово-метасоматическим оруденением / Н.Д. Знаменский // Скарново-магнетитовые месторождения Урала/ Отв. ред. Г.Б. Ферштатер, Я.П. Баклаев. — Свердловск : УНЦ АН СССР, 1978. — С. 41–46.



51. Золоев, К.К. Современное состояние металлогении подвижных поясов: механизм формирования, особенности рудообразования / К.К. Золоев // Сб. науч. тр. «Геология и металлогения Урала» / Минприроды РФ, Комприроды по Свердловской обл., ОАО УГСЭ. — Екатеринбург, 1998. — Кн.1. — С. 61–68.
52. Золоев, К.К. Тектоника и металлогения Урала на примере территории проектируемого транспортного коридора «Урал промышленный — Урал полярный» / К.К. Золоев, Д.А. Додин, В.А. Коротеев Н.В. Межеловский, А.Ф. Морозов, Н.М. Чернышов, В.А. Душин, В.Я. Левин, Г.А. Петров, Г.Н. Савельева // Литосфера. — 2007. — № 1. — С. 3–31.
53. Золоторудные месторождения России / Под ред. М.М. Константинова. — М. : Акварель, 2010. — 349 с.
54. Зубова, Т.П. Перспективы расширения минерально-сырьевой базы экзогенных месторождений золота Полярного Урала / Т.П. Зубова, Н.М. Риндзюнская, Е.А. Черемисина, В.П. Филиппов // Матер. VII Межрегиональной конф. «Минерально-сырьевая база. Экономические и правовые механизмы управления» / ИГ УФИЦ РАН. — Уфа, 2008. — С. 49–51.
55. Зылёва, Л.И. Государственная геологическая карта Российской Федерации. Масштаб 1:1 000 000 (третье поколение). Серия Западно-Сибирская. Лист Q-42 – Салехард. Объяснительная записка. / Л.И. Зылёва, А.Л. Коновалов, А.П. Казак, А.В. Жданов, К.В. Коркунов, В.А.Денисов, Л.П. Новикова, Н.А. Румянцева, Ю.П. Черепанов, А.В. Черкашин, Л.А. Хрякова. — СПб.: ВСЕГЕИ, 2014. — 396 с.
56. Иванова, Ю.Н. Дешифрирование космоснимков для прогнозирования золоторудной минерализации Тоупугол-Ханмейшорского рудного района, Полярный Урал / Ю.Н. Иванова, Р.И. Выхристенко // Матер. II междунар. науч. конф. «Природные ресурсы и комплексное освоение прибрежных районов Арктической области» / ФИЦКИА РАН. — Архангельск, 2016<sup>1</sup>. — С. 261–265.
57. Иванова, Ю.Н. Минералого-геохимическая зональность Петропавловского золото-порфирового месторождения (Полярный Урал) / Ю.Н. Иванова // Матер. XXII науч. молод. школы «Металлогения древних и современных океанов. От минералогенеза к месторождениям» / ИМин УрО РАН. — Миасс, 2016<sup>2</sup>. — С. 178–181.
58. Иванова, Ю.Н. Особенности состава пирита золоторудных месторождений Петропавловское и Новогоднее-Монто (Полярный Урал) / Ю.Н. Иванова // Вестник РУДН. Серия «Инженерные исследования». — 2015<sup>1</sup>. — № 4. — С. 102–108.
59. Иванова, Ю.Н. Текстурно-структурные особенности руд и последовательность рудообразования Петропавловского золото-порфирового месторождения (Полярный Урал) / Ю.Н. Иванова // Матер. V молод. науч.-практ. школы «Новое в познании процессов рудообразования» / ИГЕМ РАН. — М., 2015<sup>2</sup>. — С. 73–76.

60. Иванова Ю.Н. Условия локализации и минералого-геохимические особенности Петропавловского золото-порфирового месторождения (Полярный Урал) : автореф. дис. ... канд. геол.-мин. наук : 25.00.11 / Иванова Юлия Николаевна. — М., 2016<sup>3</sup>. — 21 с.
61. Иванова, Ю.Н. Au-Ag-Te минерализация Петропавловского золоторудного месторождения (Полярный Урал) / Ю.Н. Иванова, Е.Э. Тюкова // Матер. XX науч. молод. школы. «Металлогения древних и современных океанов. Рудоносность осадочных и вулканогенных комплексов» / ИМин УрО РАН. — Миасс, 2014. — С. 127–130.
62. Инструкция по геохимическим методам поисков рудных месторождений / С.В. Григорян, А.П. Соловов, М.Ф. Кузин / Отв. ред. Л.Н. Овчинников. — М. : Недра, 1983. — 191 с.
63. Карелина, Е.В. Геолого-геохимические особенности золоторудного месторождения Новогоднее-Монто / Е.В. Карелина, В.В. Дьяконов, А.Ф. Георгиевский // Известия вузов. Сер. «Геология и разведка». — 2001. — № 4. — С. 68–72.
64. Карелина, Е.В. Минералого-геохимические особенности золоторудного месторождения Новогоднее-Монто (Полярный Урал) : автореф. дис. канд. геол.-мин. наук : 25.00.11 / Карелина Елена Викторовна — М., 2002<sup>1</sup>. — 21 с.
65. Карелина, Е.В. Минеральные парагенезисы и последовательность рудообразования в золоторудном месторождении Новогоднее-Монто (Полярный Урал) / Е.В. Карелина, А.В. Дружинин, М.Г. Добровольская // Матер. годичной сессии Московского отд. РМО «Роль Минералогии в познании процессов рудообразования» / ИГЕМ РАН. — М., 2007. — С. 190–194.
66. Карелина, Е.В. Особенности нахождения золота в рудах месторождения Новогоднее-Монто (Полярный Урал) / Е.В. Карелина, В.В. Дьяконов, Н.Н. Трофимов // Известия высших учебных заведений. Геология и разведка. — 2002<sup>2</sup>. — № 1. — С. 92–94.
67. Кениг, В.В., Бутаков К.В. Месторождения рудного золота Новогоднее-Монто и Петропавловское — новый золоторудный район на Полярном Урале // Разведка и охрана недр, 2013. № 11. С. 22–24.
68. Козьмин, В.С. Золоторудные проявления Полярного Урала / В.С. Козьмин, А.А. Малюгин // Матер. региональной конф. «Геология и минерально-сырьевые ресурсы европейской территории России и Урала» / МПР РФ, УГГА. — Екатеринбург, 2000. — С. 91–92.
69. Контарь, Е.С. Металлогения меди, свинца, цинка на Урале / Е.С. Контарь, Л.Е. Либарова. — Екатеринбург : Уралгеоком, 1997. — 231 с.
70. Коробейников, А.Ф. Геохимические критерии золотоносности контактовых метасоматитов гранитоидных интрузий Сибири / А.Ф. Коробейников // Советская Геология. — 1976. — № 12. — С. 37–50.

71. Коробейников, А.Ф. Закономерности формирования месторождений золото-скарновой формации / А.Ф. Коробейников // Скарны и руды / Отв. ред. В.А. Кузнецов. — Новосибирск : Наука, 1983. — С. 50–55.
72. Кривко, Т.Н. Новые данные по рудопроявлениям Рудногорненского района и вероятность открытия промышленных объектов «новогодненского типа» (Полярный Урал) / Т.Н. Кривко, К.К. Золоев, В.А. Коротеев // Золото и технологии. — 2014. — Т. 3 (№ 25). — С. 14–17.
73. Кривцов, А.И. Металлогения андезитоидных вулканно-плутонических поясов. Часть I / А.И. Кривцов, И.Ф. Мигачев. — М. : МПР РФ, ГЕОКАРТ, ЦНИГРИ, 1997. — 326 с.
74. Кривцов, А.И. Металлогения андезитоидных вулканно-плутонических поясов. Часть II / А.И. Кривцов. — М. : ЦНИГРИ, 1999. — 268 с.
75. Кривцов, А.И. Металлогения и прогноз рудоносности / А.И. Кривцов. — М. : МГРИ, 1985. — 104 с.
76. Кривцов, А.И. Прикладная металлогения / А.И. Кривцов. — М. : Недра, 1989. — 288 с.
77. Кривцов, А.И. Структуры рудных полей и месторождений, металлогения и прогноз рудоносности. Учебник для ВУЗов. / А.И. Кривцов, П.Д. Яковлев. — М. : Недра, 1991. — 383 с.
78. Костицын, Ю.А. Rb-Sr изотопные исследования месторождения Мурунтау. Магматизм, метаморфизм и рудообразование / Ю.А. Костицын // Геохимия. — 1996. — № 12. — С. 1123–1138.
79. Кузнецов, В.И. Золоторудное месторождение Новогоднее-Монто (Полярный Урал). История изучения / В.И. Кузнецов, А.П. Прямоносков, В.В. Григорьев // Уральский геологический журнал. — 2002. — № 6 (30). — С. 125–130.
80. Курбанов, Н.К. Золотоносность Урала. Объяснительная записка к карте коренной золотоносности Урала масштаба 1:1 000 000 / Н.К. Курбанов, П.С. Ревякин, П.Г. Кучеровский, В.И. Романов, С.А. Светлов. — М. : ЦНИГРИ, 2005. — 144 с.
81. Курганьков, В.П. О некоторых аспектах золотооруденения контактово-метасоматических железорудных месторождений юга Красноярского края / В.П. Курганьков, Б.П. Чесноков, А.М. Сергуткин // Скарны и руды / Отв. ред. В.А. Кузнецов. — Новосибирск : Наука, 1983. — С. 62–66.
82. Легенда Полярно-Уральской серии листов Госгеолгарты-200 (новая серия) / Ред. А.В. Жданова. — Воркута. : ОАО Полярноуралгеология, 1999. — 296 с.
83. Летников, Ф.А. Золото в гидротермальном процессе / Ф.А. Летников, Н.В. Вилор. — М. : Недра, 1981. — 225 с.
84. Лихачев, А.П. Условия образования магнетита и его рудных скоплений / А.П. Лихачев // Отечественная геология. — 2017. — № 4. — С. 44–53.

85. Лючкин, В.А. Золотомагнетитовое месторождение Новогоднее-Монто. Результаты разведки и перспективы промышленного освоения / В.А. Лючкин, О.В. Самарина, В.Д. Мокрый // Тр. III Полярно-Уральской науч.-практ. конф. «Проблемы освоения минерально-сырьевой базы твердых полезных ископаемых на Полярном Урале» / Адм. ЯНАО, Деп. ПРР ЯНАО. — Салехард, 2007<sup>1</sup>. — С. 147–153.
86. Лючкин, В.А. Золоторудные месторождения Новогодненского рудного поля на Полярном Урале / В.А. Лючкин, А.В. Толоконников, О.В. Водоватов // Мат. Всероссийского совещ. «Алмазы и благородные металлы Тимано-Уральского региона» / ИГ Коми НЦ УрО РАН. — Сыктывкар, 2006. — С. 186–189.
87. Лючкин, В.А. Тоупугол-Ханмейшорский рудный узел. Перспективы золотоносности / В.А. Лючкин, В.Д. Мокрый, К.В. Бутаков // Тр. III Полярно-Уральской науч.-практ. конф. «Проблемы освоения минерально-сырьевой базы твердых полезных ископаемых на Полярном Урале» / Адм. ЯНАО, Деп. ПРР ЯНАО. — Салехард, 2007<sup>2</sup>. — С. 141–146.
88. Майорова, Т.П. Металлогения золота севера Урала: состояние изученности, проблемы / Т.П. Майорова, С.К. Кузнецов, М.Б. Тарбаев, А.А. Соболева // Мат. Всероссийского совещ. «Алмазы и благородные металлы Тимано-Уральского региона» / ИГ Коми НЦ УрО РАН. — Сыктывкар, 2006. — С. 236–237.
89. Мансуров, Р.Х. Основные черты геологического строения Петропавловского золоторудного месторождения (Полярный Урал) / Р.Х. Мансуров // Мат-лы XVIII молодежной науч. конф., посвящ. памяти К.О. Кратца «Актуальные проблемы геологии докембрия, геофизики и геоэкологии» / ИГГД РАН, СПбГУ. — СПб., 2007. — С. 270–273.
90. Мансуров, Р.Х. Геологическое строение Петропавловского золоторудного месторождения, Полярный Урал / Р.Х. Мансуров // Руды и металлы. — 2009. — № 5. — С. 70–74.
91. 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.
92. Мансуров Р.Х. Геолого-структурные условия локализации Петропавловского золоторудного месторождения (Полярный Урал) : автореф. дис. ... канд. геол.-мин. наук : 25.00.11 / Мансуров Ринат Халитович — М.: 2013. — 22 с.
93. Мансуров, Р.Х. Морфологическая модель Петропавловского золоторудного месторождения (Полярный Урал) / Р.Х. Мансуров // Вестник РУДН. — 2011<sup>1</sup>. — № 1. — С. 74–78.
94. Мансуров, Р.Х. Основные элементы геолого-поисковой модели Петропавловского золоторудного месторождения, Полярный Урал / Р.Х. Мансуров // Руды и металлы. — 2011<sup>2</sup>. — № 3–4. — С. 117–118.

95. Метасоматизм и метасоматические породы / Под ред. В.А. Жарикова, В.Л. Русинова. — М. : Научный Мир, 1998. — 442 с.
96. Минина, О.В. Ауэрбаховская комплексная рудно-магматическая система на Среднем Урале / О.В. Минина // Отечественная геология. — 1994. — № 7. — С. 17–23.
97. Мурзин, В.В. О Золотоносности Масловского магнетит-скарнового месторождения (Сев. Урал) / В.В. Мурзин, В.Н. Сазонов // Тр. ин-та геол. и геох. УрО АН СССР. — 1992. — Ежегодник-1991 — С. 109–110.
98. Мурзин, В.В. Минеральные ассоциации и условия образования сульфидных золотосодержащих руд Турьинско-Ауэрбаховского рудного поля (Урал) / В.В. Мурзин, В.Н. Сазонов. — Екатеринбург : УрО РАН, 1996. — 96 с.
99. Мурзин, В.В. Модель формирования Воронцовского золоторудного месторождения на Урале (Карлинский тип): новые данные и проблемы / В.В. Мурзин, В.Н. Сазонов, Ю.Л. Ронкин // Литосфера. — 2010. — № 6. — С. 66–73.
100. Мурзин, В.В. Парагенезисы метасоматитов и руд золотосульфидного оруденения Круглогорского железо-скарнового месторождения (Южный Урал) / В.В. Мурзин, В.Н. Сазонов, Г.С. Нечкин // Вестник Уральского отд. РМО. — 2009. — № 6. — С. 89–98.
101. Мурзин, В.В. Сульфидная золото-кобальт-медная минерализация Высокогорского скарново-магнетитового месторождения (Урал) / В.В. Мурзин, В.Н. Сазонов // Тр. Инст. геол. и геохим. им. акад. А.Н. Заварицкого. — 1997. — Вып. 144 (Ежегодник-1996). — С. 168–170.
102. Нечкин, Г.С. Золото в скарново-магнетитовых и некоторых колчеданных месторождениях тагильского погружения и его генетические связи (Северный и Средний Урал) / Г.С. Нечкин, В.Н. Сазонов // IX Чтения А.Н. Заварицкого «Эволюция внутриконтинентальных подвижных поясов: тектоника, магматизм, метаморфизм, седиментогенез, полезные ископаемые» / ИГГ УрО РАН. — Екатеринбург, 2003. — С. 202–204.
103. Нечкин, Г.С. Круглогорское скарново-магнетитовое месторождение (Южный Урал) и проблема происхождения его золото-сульфидной минерализации / Г.С. Нечкин, В.Н. Сазонов, В.В. Мурзин // Тр. ИГГ УрО РАН. — 2009. — Вып. 156. — С. 227–231.
104. Овчинников, Л.Н. Полигенность скарновых железорудных месторождений / Л.Н. Овчинников // Геология Рудных месторождений. — 1980. — № 3. — С. 57–73.
105. Овчинников, Л.Н. Полезные ископаемые и металлогения Урала / Л.Н. Овчинников. — М. : Геоинформмарк, 1998. — 412 с.
106. Овчинникова, Л.В. Метасоматиты и руды Лебяжинского железорудного месторождения / Л.В. Овчинникова. — М. : Наука, 1976. — 195 с.



107. Ожерельева, А.В. Золотоносность Ауэрбаховского вулканоплутонического пояса (Северный, Приполярный, Полярный Урал) / А.В. Ожерельева, Ч.Х. Арифупов, И.В. Арсентьева // *Металлогения и минералогия*. — 2014. — № 2. — С. 4–19.
108. Омото, Х. Изотопы серы и углерода / Х. Омото, Р. Рай // *Геохимия гидротермальных рудных месторождений* / Под ред. Х.Л. Барнса. — М. : Мир, 1982. — С. 403–450.
109. Охотников, В.Н. Геология рудных образований Полярного Урала / В.Н. Охотников. — Л. : Наука, 1975. — 175 с.
110. Охотников, В.Н. Рудные формации Полярного Урала и принципы их выделения / В.Н. Охотников // *Магматизм и металлогения севера Урала и Пай-Хоя* / Отв. ред. В.Н. Охотников. — Сыктывкар. : ИГ РАН, 1976. — С. 3–18.
111. Оценка прогнозных ресурсов алмазов, благородных и цветных металлов. Методическое руководство. Выпуск «Золото» / Б.И. Беневольский, Е.В. Блинова, А.В. Бражник, С.С. Вартамян, А.И. Кривцов, Е.Е. Крытня, В.И. Лобач, М.С. Михайлова, Л.Ф. Мызенкова, В.П. Новиков, А.А. Стороженко, И.С. Чанышев. — М. : ЦНИГРИ, 2002. — 182 с.
112. Петровская Н.В. Самородное золото. / Н.В. Петровская. — М. : Наука, 1973. — 330 с.
113. Подлесский, К.В. Скарны и околоскарновые метасоматиты железорудных месторождений Урала и Кавказа / К.В. Подлесский. — М. : Наука, 1979. — 204 с.
114. Полтавец, З.И. О различной природе сульфидной минерализации в железорудных месторождениях скарновой формации / З.И. Полтавец // *Скарново-магнетитовые месторождения Урала* / Отв. ред. Г.Б. Ферштатер, Я.П. Баклаев. — Свердловск : УНЦ АН СССР, 1978. — С. 74–81.
115. Полтавец, Ю.А. Околорудная зональность на месторождениях скарново-магнетитовой формации / Ю.А. Полтавец, З.И. Полтавец // *Скарново-магнетитовые месторождения Урала* / Отв. ред. Г.Б. Ферштатер, Я.П. Баклаев. — Свердловск : УНЦ АН СССР, 1978. — С. 64–73.
116. Полтавец, Ю.А. Пути миграции и химическая эволюция флюидов при образовании золотосодержащих кобальто-медистых железных руд в скарнах (Тагило-Кушвинский район) / Ю.А. Полтавец, Г.С. Нечкин, З.И. Полтавец // *Тез. докл. III Всеуральского металлогенического совещания «Металлогения и геодинамика Урала»* / УГГА. — Екатеринбург, 2000.
117. Попова, Л.К. Золотое оруденение в скарнах Кузнецкого Алатау и Горного Алтая / Л.К. Попова // *Условия образования, принципы прогноза и поисков золоторудных месторождений* / Отв. ред. Ю.Г. Щербаков. — Новосибирск : Наука, 1983. — С. 80–94.

118. Пространственные металлогенические таксоны / В.И. Ваганов, А.Г. Волчков, В.И. Кочнев-Первухов, А.И. Кривцов, В.В. Кузнецов, И.Ф. Мигачев, В.П. Новиков, Г.В. Ручкин. — М. : ЦНИГРИ, 2002. — 82 с.
119. Прямоносков, А.А., Ронкин Ю.Л., Шишкин М.А. "In situ" U-Pb изотопная систематика цирконов конгорского монцогаббро-граносиенитового массива (Полярный Урал) / А.А. Прямоносков, Ю.Л. Ронкин, М.А. Шишкин // XI Всерос. петрогр. совещ. с участием зарубеж. ученых «Магматизм и метаморфизм в истории Земли» / ИГГ УрО РАН. — Екатеринбург, 2010. — Т. 2. — С. 155–156.
120. Прямоносков, А.П. Государственная геологическая карта Российской Федерации. Масштаб 1:200 000 (издание второе). Серия Полярно-Уральская. Лист Q-41-XII. Объяснительная записка / А.П. Прямоносков, А.Е. Степанов, Т.В. Телегина, В.И. Кузнецов, В.В. Григорьев, И.В. Абатурова, Э.Я. Кузнецова. — Салехард : Ком. ПР по ЯНАО, 2001. — 231 с.
121. Прямоносков, П.С. Геологические рудоконтролирующие факторы — основа прогнозирования скарново-магнетитовых месторождений / П.С. Прямоносков // Скарново-магнетитовые месторождения Урала/ Отв. ред. Г.Б. Ферштатер, Я.П. Баклаев. — Свердловск : УНЦ АН СССР, 1978. — С. 36–40.
122. Пучков, В.Н. Палеовулканические структуры Урала / В.Н. Пучков // Геотектоника. — 1993. — № 3. — С. 18–33.
123. 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.
124. Рёддер, Э. Флюидные включения в минералах (в двух томах) / Э. Рёддер. — М. : Мир, 1987. — 557 + 631 с.
125. Руженцев, С.В. Новые данные по геологии Полярного Урала / С.В. Руженцев, В.А. Аристов // Урал: фундаментальные проблемы геодинамики и стратиграфии // Тр. ГИН РАН. — 1998<sup>1</sup>. — Вып. 500. — С. 25–41.
126. Руженцев, С.В. Тектоническая структура Полярного Урала / С.В. Руженцев // Урал: фундаментальные проблемы геодинамики и стратиграфии // Тр. ГИН РАН. — 1998<sup>2</sup>. — Вып. 500. — С. 7–24.
127. Сазонов, В.Н. Месторождения золота Урала / В.Н. Сазонов, В.Н. Огородников, В.А. Коротеев, Ю.А. Поленов. — Екатеринбург : УГГА, 1999. — 570 с.
128. Силаев, В.И. Геология и рудоносность Тоупугольского палеовулкана на Полярном Урале / В.И. Силаев, М.Ю. Сокерин // Региональная геология и металлогения. — 2003<sup>1</sup>. — № 19. — С. 114–122.

129. Силаев, В.И. Золоторудное месторождение Новогоднее Монто на Полярном Урале / В.И. Силаев, А.Ф. Хазов, М.Ю. Сокерин // Петрология и минералогия севера Урала и Тимана / Тр. ИГ Коми НЦ УрО РАН. — 2003<sup>2</sup>. — Вып.113. — С. 159–172.
130. Силаев, В.И. Коренная золотоносность Полярноуральского региона / В.И. Силаев // Руды и металлы. — 1998. — № 5. — С. 5–17.
131. Синяков, В.И. Процессы пропилитизации на скарново-магнетитовых месторождениях Горной Шории / В.И. Синяков // Минералого-геохимические особенности скарновых месторождений / Отв. ред. А.М. Дымкин. — Новосибирск : Наука, 1974. — С. 138–147.
132. Синяков, В.И. Формационные типы и проблемы рудоносности скарновых месторождений / В.И. Синяков, М.П. Мазуров // Скарны и руды / Отв. ред. В.А. Кузнецов. — Новосибирск : Наука, 1983. — С. 4–10.
133. Скарновые Месторождения / Ред. Д.С. Коржинский. — М.: Наука, 1985. — 248 с.
134. Соловьев, С.Г. Железооксидно-золото-медные и родственные месторождения / С.Г. Соловьев. — М. : Научный мир, 2011. — 472 с.
135. Тейлор, Х. Изотопы кислорода и водорода в гидротермальных рудных месторождениях / Х. Тейлор // Геохимия гидротермальных рудных месторождений / Под ред. Х.Л. Барнса. — М. : Мир, 1982. — С. 100–128.
136. Трофимов, А.П. Геолого-геохимическая модель золоторудного железо-скарнового месторождения Новогоднее Монто на Полярном Урале / А.П. Трофимов, В.А. Лючкин, А.П. Пивоваров // Матер. науч. конф. «XI Чтения А.Н. Заварицкого. Скарны, их генезис и рудоносность (Fe, Cu, Au, W, Sn)» / ИГГ УрО РАН. — Екатеринбург, 2005. — С. 102–107.
137. Трофимов, А.П. Геохимическая зональность и геолого-геохимическая модель Западной золоторудной зоны и Петропавловского месторождения (Полярный Урал) / А.П. Трофимов, Б.В. Фунтиков, В.А. Лючкин // Матер. междунар. науч. конф. «XIII Чтения А.Н. Заварицкого. Эндогенное оруденение в подвижных поясах» / ИГГ УрО РАН. — Екатеринбург, 2007. — С. 226–229.
138. Трофимов, А. П. Геолого-геохимические особенности золоторудного железо-скарнового месторождения Новогоднее Монто на Полярном Урале / А.П. Трофимов, Б.В. Фунтиков, В.А. Лючкин // Матер. науч. конф. «X Чтения А.Н. Заварицкого. Геология и металлогения ультрамафит-мафитовых и гранитоидных интрузивных ассоциаций складчатых областей» / ИГГ УрО РАН. — Екатеринбург, 2004. — С.449–452.
139. Трофимов, А.П. Прогнозно-геохимическая оценка золотоносности Новогодненской перспективной площади на Полярном Урале / А.П. Трофимов, Б.В. Фунтиков, В.А. Лючкин // Руды и металлы. — 2006. — № 5. — С. 13–18.

140. Трофимов, А.П. Тоупугол-Ханмейшорский рудный узел как эталон прогнозирования рудных объектов при региональных геохимических поисковых работах на восточном склоне Полярного, Приполярного и Северного Урала / А.П. Трофимов, Б.В. Фунтиков, В.А. Лючкин // Мат-лы XXI междунар. науч. конф., посвященной 100-летию со дня рожд. акад. В.И. Смирнова «Фундаментальные проблемы геологии месторождений полезных ископаемых и металлогении» / МГУ. — М., 2010. — С. 170-171.
141. Трофимов, Н.Н. Геолого-минералогические особенности золоторудного месторождения Новогоднее-Монто / Н.Н. Трофимов, Е.В. Карелина, В.В. Дьяконов // Известия ВУЗов. Сер. «Геология и разведка». — 2002. — № 1. — С. 92–94.
142. Удоратина, О.В. Собский плагиогранитоидный комплекс Полярного Урала / О.В. Удоратина, Н.Б. Кузнецов // Бюл. МОИП. Отд. геол. — 2007. — Т. 82 (Вып. 3). — С. 49–59.
143. 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.
144. Фор, Г. Основы изотопной геологии / Г. Фор. — М. : Мир, 1989. — 589 с.
145. Цимбалюк, А.В. Геологическая карта СССР масштаба 1:200 000. Лист Q-42-VI: Объяснительная записка / А.В. Цимбалюк. — М. : Недра, 1973. — 140 с.
146. Черемисин, А.А. Воронцовское золоторудное месторождение / А.А. Черемисин, А.Г. Злотник-Хоткевич // Руды и металлы. — 1997. — № 1. — С. 59–70.
147. Черемисин, А.А. Золотоносность рудного поля медно-железоскарнового месторождения Новогоднее-Монто на Полярном Урале / А.А. Черемисин, М.М. Гирфанов, А.М. Гаврилов // Матер. региональной конф. «Геология и минерально-сырьевые ресурсы европейской территории России и Урала» / УрО РАН, МПР РФ, УГГА. — Екатеринбург, 2000. — С. 188-190.
148. Черняев, Е.В. Геология золото-скарнового месторождения Новогоднее Монто (Полярный Урал) / Е.В. Черняев, Е.И. Черняева, А.Ю. Седельников // Матер. науч. конф. «XI Чтения А.Н. Заварицкого. Скарны, их генезис и рудоносность (Fe, Cu, Au, W, Sn)» / ИГГ УрО РАН. — Екатеринбург, 2005. — С. 131–137.
149. Шишкин, М.А. Государственная геологическая карта Российской Федерации. Масштаб 1:1 000 000 (третье поколение). Серия Уральская. Лист Q-41 — Воркута. Объяснительная записка / М. А. Шишкин, А. П. Астапов, Н. В. Кабатов, А. П. Казак, Л. С. Колесник, В. Г. Котельников, Е. Н. Кудрин, В. Г. Лихотин, В. С. Митюшева, Е. В. Молчанова, М. Я. Попов, П. Е. Попов, С. К. Пухонто, Д. Н. Ремизов, Г. Б. Савенкова, Я. Э. Файбусович, А. В. Черкашин. — СПб. : Картографическая фабрика ВСЕГЕИ, 2007. — 541 с.

150. Щегольков, Ю.В. Пленочный оксид золота на поверхности золотин в корах выветривания по сульфидно-магнетитовым рудам месторождения Новогоднее-Монто / Ю.В. Щегольков // Руды и металлы. — 2007. — № 4. — С. 53–57.
151. Щегольков, Ю.В. Типоморфизм поверхности золота сульфидно-магнетитовых руд по данным электронной оже-спектроскопии (ЭОС) / Ю.В. Щегольков // Мат-лы Всеросс. конф. посв. 100-летию Н.В. Петровской. «Самородное золото: типоморфизм минеральных ассоциаций, условия образования месторождений, задачи прикладных исследований» / ИГЕМ РАН. — М., 2010. — Т. 2. — С. 310–312.
152. Язева, Р.Г. Войкарский вулcano-плутонический пояс (Полярный Урал) / Р.Г. Язева, В.В. Бочкарев. — Свердловск : УНЦ АН СССР, 1984. — 156 с.
153. Язева, Р.Г. Металлогения андезитоидных вулcano-плутонических комплексов Урала / Р.Г. Язева // Геология рудных месторождений. — 1990. — № 3. — С. 17–27.
154. Языкова, Ю.И. О составе и ассоциациях самородного золота в рудах скарнового месторождения Быстринское (Вост. Забайкалье) / Ю.И. Языкова // Мат-лы Всеросс. конф. посв. 100-летию Н.В. Петровской «Самородное золото: типоморфизм минеральных ассоциаций, условия образования месторождений, задачи прикладных исследований» / ИГЕМ РАН. — М., 2010. — Т. 2. — С. 321–323.
155. Baker, T. Composition and evolution of ore fluids in a magmatic-hydrothermal skarn deposit / T. Baker, E. Van Achterberg, C.G. Ryan // *Geology*. — February 1, 2004. — V. 32 (2). — P. 117–120.
156. Ettlinger, A.D. Gold skarn mineralization and fluid evolution in the Nickel plate deposit, British Columbia / A.D. Ettlinger, L.D. Meinert // *Econ. Geology*. — 1992. — V. 87. — P. 1541–1565.
157. Forster, D.B. Controls on Skarn Mineralization and Alteration at the Cadia Deposits, New South Wales, Australia / D.B. Forster, P.K. Seccombe, D. Phillips // *Economic Geology*. — June 1, 2004. — V. 99 (4). — P. 761–788.
158. Girfanov, M. Gold–ironoxide bearing ore–magmatic system of the Auerbakh–Novogodnee volcano–plutonic belt, the Polar Urals / M. Girfanov, A. Volchikov, S. Kryazhev // 33rd International Geological Congress, Oslo, Aug. 6–14, 2008 / Abstract CDROM. — p. 1.
159. Johnson, T.W. Au-Cu-Ag skarn and replacement mineralization in the McLaren deposit, New World District, Park Country, Montana / T.W. Johnson, L.D. Meinert // *Econ. Geology*. — 1994. — V. 89. — P. 969–991.
160. Meinert, L.D. Formation of Anhydrous and Hydrous Skarn in Cu-Au Ore Deposits by Magmatic Fluids / L.D. Meinert, J.W. Hedenquist, H. Satoh // *Economic Geology*. — January 1, 2003. — V. 98 (1). — P. 147–156.



161. Meinert, L.D. Geology, Zonation, and Fluid Evolution of the Big Gossan Cu-Au Skarn Deposit, Ertsberg District, Irian Jaya / L.D. Meinert, K.K. Hefton, D. Mayers // *Economic Geology*. — August 1997. — V. 92 (5). — P. 509–533.
162. Murzin, V.V. Gold-Bearing Mineral Assemblages in the Copper and Iron Skarn Deposits of the Tur'insk-Auerbakhovsk Ore Field and Their Formation Condition (the Urals, Russia) / V.V. Murzin, V.N. Sazonov // *Geology of Ore Deposits*. — 1999. — V. 41 (4). — P. 308–321.
163. Peter Hambro Mining Plc. Annual Report and Accounts 2008. — 80 p.
164. Rubin, J.N. Precious Metal Mineralogy in Porphyry-, Skarn-, and Replacement-Type Ore Deposits of the Ertsberg (Gunung Bijih) District, Irian jaya, Indonesia / J.N. Rubin, J.R. Kyle // *Economic Geology*. — 1997. — V. 92. — P. 535–550.
165. Sillitoe, R.H. Porphyry Copper Systems / R.H. Sillitoe // *Economic Geology*. — 2010. — V. 105. — P. 3–41.
166. Soloviev, S.G. Geology, mineralization, stable isotope geochemistry, and fluid inclusion characteristics of the Novogodnee–Monto oxidized Au–(Cu) skarn and porphyry deposit, Polar Ural, Russia / S.G. Soloviev, S.G. Kryazhev, S.S. Dvurechenskaya // *Mineralium Deposita*. — 2013. — V. 48 (5). — P. 603–627.
167. Theodore, T.G. Gold-Bearing Skarns / T.G. Theodore, G.J. Orris, J.M. Hammarstrom, J.D. Bliss // *U.S. Geological Survey Bulletin*. — 1991. — V. 1930. — 61 p.
168. Troll, V.R. Global Fe–O isotope correlation reveals magmatic origin of Kiruna-type apatite-iron-oxide ores / V.R. Troll, F.A. Weis, E. Jonsson // *Nature Communications*. — 2019. — V. 10. — 12 p.
169. Wilson, G.C. Sulfide gold content of skarn mineralization at Rossland, British Columbia / G.C. Wilson, J.C. Rucklidge, L.S. Kilius // *Econ. Geology*. — 1990. — V. 85. — P. 1252–1259.
170. Yakubovich, O. U-Th-He Geochronology of Pyrite from Alteration of the Au-Fe-Skarn Novogodnee-Monto Deposit (Polar Urals, Russia) — The Next Step in the Development of a New Approach for Direct Dating of Ore-Forming Processes / O. Yakubovich, I. Vikentyev, E. Ivanova // *Geosciences*. — 2021. — V. 11 (408). — 18 p.

#### Фондовая

171. Барышев А.Н. Оценить перспективы Востока Урала на цветные и благородные металлы (Тема 13.02/6ЦМ) / А.Н. Барышев, С.Т. Агеева, А.А. Черемисин, Н.П. Трякина. — М. : ЦНИГРИ, 1991. — Инв. № 8730 (Фонды ФГБУ «ЦНИГРИ»).

172. Бординов А.Н. Отчет о проведении работ на объекте «Поисковые работы на золото на Новогодненской перспективной площади» / А.Н. Бординов, В.Ю. Абрамов, А.В. Андреев. — Салехард : ОАО «ЯГК», 2005. — Инв. № 484792 (Росгеолфонд).
173. Буляков Г.Х. Информационный отчет о проведении работ на объекте «Поисковые работы на россыпное золото в зоне Обского тектонического уступа» / Г.Х. Буляков. — Салехард : ОАО «ЯГК», 2004. — Инв. № 023 (Фонды ОАО «ЯГК»).
174. Вартанян С.С. Разработать оптимальные методики выделения рудных районов и полей при планировании и проведении геологоразведочных работ на благородные и цветные металлы / С.С. Вартанян, А.Г. Волчков, В.П. Новиков, А.В. Андреев. — М. : ЦНИГРИ, 2009. — Инв. № 11208 (Фонды ФГБУ «ЦНИГРИ»).
175. Волчков А.Г. Анализ золотоносности территории ЯНАО, сопровождаемый поисково-ревизионными работами на перспективных участках. Отчет по теме 29д / А.Г. Волчков, А.Н. Барышев, А.А. Черемисин, А.В. Андреев. — М. : ЦНИГРИ, 2001. — Инв. № 9459 (Фонды ФГБУ «ЦНИГРИ»).
176. Волчков А.Г. Вещественный состав, условия локализации и формирования золотого оруденения Новогодненского рудного поля. Тоупугол-Ханмейшорская площадь, Полярный Урал. Отчет по субподрядному договору бд / А.Г. Волчков, С.Г. Кряжев, В.П. Новиков, А.В. Андреев. — М. : ЦНИГРИ, 2005. — Инв. № 10195 (Фонды ФГБУ «ЦНИГРИ»).
177. Волчков А.Г. Комплексное геолого-минералого-геохимическое изучение и рудно-формационная типизация золоторудных проявлений Малоуральской площади. Полярный Урал. Отчет по субподрядному договору 72 д / А.Г. Волчков, М.М. Гирфанов, А.В. Андреев, В.Г. Сапожников. — М. : ЦНИГРИ, 2007. — Инв. № 10862 (Фонды ФГБУ «ЦНИГРИ»).
178. Волчков А.Г. Комплексное изучение закономерностей размещения и условий локализации золотого оруденения в коренных породах участка Лонгот-Юганский. Информационный отчет по теме 21д / А.Г. Волчков, А.В. Андреев, А.Н. Барышев, М.М. Гирфанов. — М. : ЦНИГРИ, 2002. — Инв. № 9575 (Фонды ФГБУ «ЦНИГРИ»).
179. Волчков А.Г. Положение проявлений золоторудной минерализации Тоупугол-Ханмейшорского рудного узла в рудовмещающих комплексах, их минералого-геохимическая характеристика и сопоставление с эталонными объектами Новогодненского рудного поля. Окончательный геологический отчет по субподрядному договору 94д / А.Г. Волчков, М.М. Гирфанов, С.Г. Кряжев, А.В. Андреев. — М. : ЦНИГРИ, 2008. — Инв. № 11094 (Фонды ФГБУ «ЦНИГРИ»).
180. Гаптулкадыров М.М. Отчет по поискам месторождений золота на Северо-Пайпудынской площади / М.М. Гаптулкадыров, И.Г. Перминов, Е.Б. Ахтияинен. — Полярный : ОАО «ПУГПП», 1999. — Инв. № 473930 (Росгеолфонд).

181. Горелов Д.В. Отчет о результатах поисковых и оценочных работ на рудное золото на месторождении «Пещерное» / Д.В. Горелов, А.Ж. Кузнецов, А.В. Бутняков. — Екатеринбург : ООО «Геосинтез», 2018. — Инв. № 535407 (Росгеолфонд).
182. Еремин В.П. Результаты поисково-съёмочных работ масштаба 1:50 000, проведенных на Полярном Урале в районе среднего течения р. Собь и М. Ханмей / В.П. Еремин, В.Г. Пономарев. — Тюмень : Тюменское ГУ, 1974. — Инв. № 338588 (Росгеолфонд).
183. Иванова Ю.Н. Условия локализации и минералого-геохимические особенности Петропавловского золото-порфирового месторождения (Полярный Урал) : дис. ... канд. геол.-мин. наук : 25.00.11 / Иванова Юлия Николаевна. — М., 2016. — 151 с.
184. Кривцов А.И. Оценка ресурсного потенциала меднопорфировой формации в пределах Северного и Полярного Урала, Северного Приохотья, Верхнего и Среднего Приамурья. (ГК № ВБ-05-34/45) / А.И. Кривцов, В.С. Звездов, Е.Е. Чернов, А.В. Андреев. — М. : ЦНИГРИ, 2010. — Инв. № 11431 (Фонды ФГБУ «ЦНИГРИ»).
185. Кряжев С.Г. Определить минералого-геохимические и изотопно-геохимические характеристики золоторудных месторождений Синюхинское и Новогоднее-Монто. Отчет о науч.-исследовательской работе по проекту ВП-20/08 / С.Г. Кряжев, С.С. Двуреченская. — М. : ЦНИГРИ, 2009. — Инв. № 11278 (Фонды ФГБУ «ЦНИГРИ»).
186. Кучерина П.М. Геологическое строение и полезные ископаемые северо-западной части Войкарского синклинория, площади массива Рай-Из и его обрамления м-ба 1:50 000 / П.М. Кучерина, И.И. Попов, А.П. Прямоносков, А.Л. Крашенинников. — Полярный : ПУГРЭ, 1991. — Инв. № 839 (ТФГИ по ЯНАО).
187. Лючкин В.А. Поиски и поисково-оценочные работы на золотое оруденение в пределах Тоупугол-Ханмейшорской площади. Отчет о результатах работ за 2004–2009 гг. Отчет с подсчетом запасов золота и строительного камня по состоянию на 31.12.08 г. / В.А. Лючкин, Б.И. Беневольский, А.В. Толоконников. — Лабытнанги : АО «Ямалзолото», 2009. — Инв. № 494888 (Росгеолфонд).
188. Мансуров Р.Х. Геолого-структурные условия локализации Петропавловского золоторудного месторождения (Полярный Урал) : дис. ... канд. геол.-мин. наук : 25.00.11 / Мансуров Ринат Халитович — М.: 2013. — 161 с.
189. Мельникова Л.К. Комплексная аэрогеофизическая съемка м-ба 1:50 000 с целью выделения перспективных золоторудных полей на восточном склоне Полярного Урала от р. Собь до р.Щучья / Л.К. Мельникова, Ф.Д. Лазарев, Ю.М. Петров. — Норильск : ДП ТО СНИИГГиМС, 2001. — Инв. № 477489 (Росгеолфонд).

190. Мигачев И.Ф. Поисковые работы с оценкой перспектив выявления промышленных месторождений медно-порфирового типа в вулcano-плутонических поясах Южного Урала. Отчет по Госконтракту № 168 / И.Ф. Мигачев, А.В. Андреев, А.Г. Волчков, М.М. Гирфанов. — М. : ЦНИГРИ, 2016. — Инв. № 12695 (Фонды ФГБУ «ЦНИГРИ»).
191. Мокрый В.Д. Предварительная и детальная разведка известняков и вулканогенных пород месторождения «Новогоднее» на Полярном Урале. Отчет партии Нерудгео о геологоразведочных работах в 1984–1993 гг. / В.Д. Мокрый, В.М. Бахромкин, С.В. Дубровский. — Полярный : ПУГРЭ, 1993. — Инв. № 466967 (Росгеолфонд).
192. Монто Р.М. Результаты геолого-поисковых работ, проведенных Новогодней партией в районе среднего течения р. Малый Ханмей. Восточный склон Полярного Урала, 1960. Часть листов: Q-42-37-А, Б, В, Г; Q-42-38-А, Б / Р.М. Монто, М.И. Мишульский. — Ангальский Мыс : 1961. — Инв. № 048 (Фонды ОАО «ПУГГП»).
193. Перминов И.Г. Отчет о результатах поисковых и поисково-оценочных работ на рудное золото в пределах Тоупугол-Ханмейшорской площади / И.Г. Перминов, М.М. Гаптулкадыров, И.З. Галиуллин. — Полярный : ОАО «ПУГГП», 2002. — Инв. № 485600 (Росгеолфонд).
194. Прямоносов А.П. Геологическое изучение и оценка минеральных ресурсов недр территории Российской Федерации и ее континентального шельфа (прогнозно-поисковые работы на золото на Харбейской площади). Отчет по ППР / А.П. Прямоносов, А.Е. Степанов. — Екатеринбург : ООО «Ямалгео», 2004. — Инв. № 483186 (Росгеолфонд).
195. Прямоносов А.П. Групповая геологическая съемка и геологическое доизучение масштаба 1:50 000 на Собь-Ханмейской площади (ГТС – листы: Q-41-48-В(в,г), Г(в,г); Q-42-38-А(в), В(а); ГДП – листы: Q-42-38-А(а,б); Q-41-48-Б(а,б), Г(а,б); Q-42-37-А, Б, В (а,б), Г(а, б). (Информационный отчет) / А.П. Прямоносов. — Полярный : ПУГРЭ, 1994. Инв. № 468322 (Росгеолфонд).
196. Риндзюнская Н.М. Поисковые работы на россыпное золото в зоне Обского тектонического уступа (территория ЯНАО). Отчет по теме 45д / Н.М. Риндзюнская, А.В. Андреев, М.М. Гирфанов. — М. : ЦНИГРИ, 2005. — Инв. № 9984 (Фонды ФГБУ «ЦНИГРИ»).
197. Риндзюнская Н.М. Составление прогнозно-металлогенических карт на благородные металлы в россыпях и корях выветривания для наиболее перспективных районов Полярного Урала (ЯНАО) масштабов 1:200 000 – 1:25 000. Отчет по теме 44д / Н.М. Риндзюнская, А.В. Андреев, А.Г. Волчков. — М. : ЦНИГРИ, 2004. — Инв. № 9953 (Фонды ФГБУ «ЦНИГРИ»).
198. Романчук А.И. Отчет о научно-исследовательской работе «Технологические исследования золотосодержащих руд месторождения Новогоднее-Монто» / А.И. Романчук, А.И. Никулин, Н.Н. Павлова. — М. : ЦНИГРИ, 2004. — Инв. № 9953 (Фонды ФГБУ «ЦНИГРИ»).

199. Ручкин Г.В. Оценка ресурсного потенциала цветных и благородных металлов в восточных районах Северного, Приполярного и Полярного Урала. Отчет по Государственному контракту № ВБ-04-34/12 / Г.В. Ручкин, В.П. Филиппов, Ч.Х. Арифуров. — М.: ЦНИГРИ, 2011. — Инв. № 11601 (Фонды ФГБУ «ЦНИГРИ»).
200. Степанов А.Е. Опережающие геохимические поиски масштаба 1:200 000 в пределах Малоуральской площади (листы Q-41-XVII, XVIII), ЯНАО / А.Е. Степанов, А.П. Прямонов, С.И. Сибиряков. — Екатеринбург : ООО «Ямалгео», 2008. — Инв. № 489820 (Росгеолфонд).
201. Терентьев Р.А. Поисково-ревизионные геолого-геохимические работы на перспективных АГХП Приполярного и Полярного Урала. Отчет по Гос. контракту № 101-11/09 / Р.А. Терентьев, А.А. Кременецкий, А.К. Алексеева. — М. : ИМГРЭ, 2012. — Инв. № 507057 (Росгеолфонд).
202. Трофимов А.П. Геохимические поисково-оценочные работы на золоторудном месторождении Новогоднее-Монто и прилегающей площади. Отчет по договору № 23/03 / А.П. Трофимов, Б.В. Фунтиков, А.П. Пивоваров. — Бронницы : БГГЭ, 2004. — Инв. № 162 (Фонды АО «Ямалзолото»).
203. Цымбалюк А.В. Геологическая карта СССР масштаба 1:200 000. Серия Северо-Уральская. Лист Q-42-VII / А.В. Цымбалюк. — М. : 1976. Инв. № 6942 ФГБУ (Фонды ФГБУ «ЦНИГРИ»).
204. Черняев Е.В. Составление геологической карты месторождения Новогоднее-Монто и создание его геолого-структурной модели / Е.В. Черняев, Е.И. Черняева, А.Ю. Седельников. — Томск : ООО «НПО Геосфера», 2005. — Инв. № 72 (Фонды АО «Ямалзолото»).
205. Шлома А.А. Поисковые работы на золото в пределах Войкаро-Щучьинской зоны (Лагортинско-Пятиреченская площадь) / А.А. Шлома, Д.Ш. Сабирова, В.Е. Захаров. — Лабытнанги : ОАО «ЯГК», 2010 — Инв. № 500204 (Росгеолфонд).
206. Юшко Н.А. Геохимическое обеспечение прогнозно-геохимических работ с разработкой технологии ведения опережающих геохимических поисков, критериев оценки аномальных геохимических полей и обоснованием площадей, потенциально рудоносных на высоко ликвидное минеральное сырье. Отчет о выполнении работ по Гос. контракту АЛ-04-06/39 / Н.А. Юшко, Л.Н. Бельчанская, О.В. Менчинская. — М. : ИМГРЭ, 2007. — Инв. № 10673 (Фонды ФГБУ «ЦНИГРИ»).
207. Ястребов М.К. Оценочные работы на золото в пределах Тоупугол-Ханмейшорской площади. Отчет о результатах геофизических работ / М.К. Ястребов, Т.А. Ястребова. — Верхняя Пышма : ОАО «СУГРЭ», 2008. Инв. № 131 (Фонды АО «Ямалзолото»).