

Федеральное государственное унитарное предприятие  
ЦЕНТРАЛЬНЫЙ НАУЧНО-ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ ГЕОЛОГОРАЗВЕДОЧНЫЙ  
ИНСТИТУТ ЦВЕТНЫХ И БЛАГОРОДНЫХ МЕТАЛЛОВ (ФГУП ЦНИГРИ)

На правах рукописи



**ОКУЛОВ Алексей Вячеславович**

**ПОЗИЦИЯ, ГЕОЛОГИЧЕСКОЕ СТРОЕНИЕ И МИНЕРАЛОГО-  
ГЕОХИМИЧЕСКАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА ЗОЛОТОРУДНЫХ ОБЪЕКТОВ  
ТОПОЛЬНИНСКОГО РУДНОГО ПОЛЯ (АЛТАЙСКИЙ КРАЙ)**

Специальность 25.00.11 – Геология, поиски и разведка  
твердых полезных ископаемых, минерагения

**Диссертация**

на соискание ученой степени кандидата геолого-минералогических наук

Научный руководитель: доктор  
геолого-минералогических наук  
Новиков Вячеслав Петрович

Москва-2017

## Оглавление

<b>ВВЕДЕНИЕ</b> .....	3
<b>ГЛАВА 1. ГЕОЛОГИЧЕСКОЕ СТРОЕНИЕ ТОПОЛЬНИНСКОГО РУДНОГО ПОЛЯ</b> .....	9
1.1. История геологического изучения.....	9
1.2. Стратифицированные отложения .....	13
1.3. Магматизм.....	19
1.4. Тектоническое строение.....	26
<b>ГЛАВА 2. ГЕОЛОГО-СТРУКТУРНАЯ ПОЗИЦИЯ ЗОЛОТОРУДНЫХ ОБЪЕКТОВ ТОПОЛЬНИНСКОГО РУДНОГО ПОЛЯ</b> .....	30
2.1. Общие закономерности локализации золоторудных объектов Топольнинского рудного поля .....	30
2.2. Геологическое строение объектов первого типа.....	35
2.2.1. Геологическое строение проявления Сухая Грива .....	35
2.2.2. Геологическое строение проявления Чертова Яма.....	39
2.2.3. Геологическое строение проявления Чертова Грива.....	46
2.2.4. Геологическое строение проявления Рыбный Лог-1 .....	51
2.2.5. Геологическое строение проявления Рыбный Лог-2.....	55
2.2.6. Геологическое строение проявления Пропаций Лог .....	58
2.2.7. Геологическое строение проявления Кирпичное.....	61
2.2.8. Геологическое строение проявления Кемровское .....	65
2.3. Геологическое строение объектов второго типа.....	69
2.3.1. Геологическое строение месторождения Баяниха.....	69
2.3.2. Геологическое строение месторождения Лог-26 .....	76
<b>ГЛАВА 3. МИНЕРАЛОГО-ГЕОХИМИЧЕСКАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА ЗОЛОТО-СКАРНОВОГО И ЗОЛОТО-СУЛЬФИДНО-КВАРЦЕВОГО ОРУДЕНЕНИЯ</b> .....	87
3.1. Минералого-геохимическая характеристика объектов первого типа .....	88
3.1.1. Вещественный состав гидротермально-измененных пород и руд проявления Сухая Грива .....	88
3.1.2. Геохимическая характеристика золотого оруденения проявления Сухая Грива .....	93
3.2. Минералого-геохимическая характеристика объектов второго типа .....	100
3.2.1. Вещественный состав гидротермально-измененных пород и руд месторождения Баяниха .....	100
3.2.2. Геохимическая характеристика золотого оруденения проявления Баяниха.....	118
3.3. Типоморфизм самородного золота золоторудных проявлений Топольнинского рудного поля .....	126
3.3.1. Самородное золото проявления Сухая Грива .....	128
3.3.2. Самородное золото проявления Баяниха.....	134
3.3.3. Самородное золото проявления Лог-26 .....	142
<b>ГЛАВА 4. ГЕОЛГО-ПОИСКОВЫЕ МОДЕЛИ ЗОЛОТОРУДНЫХ ПРОЯВЛЕНИЙ ТОПОЛЬНИНСКОГО РУДНОГО ПОЛЯ</b> .....	150
<b>ГЛАВА 5. ХАРАКТЕРИСТИКА ИЗВЕСТНЫХ ЗОЛОТО-СКАРНОВЫХ МЕСТОРОЖДЕНИЙ</b> .....	157
5.1. Синюхинское месторождение .....	157
5.2. Тарданское месторождение .....	164
5.3. Майско-Лебедское месторождение .....	167
5.4. Месторождение Новогоднее Монто .....	169
<b>ЗАКЛЮЧЕНИЕ</b> .....	175
<b>СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ</b> .....	178

## ВВЕДЕНИЕ

### **Актуальность проблемы.**

Планомерное изучение геологического строения и золотоносности Топольнинского рудного поля было начато в 50-х годах XX века при проведении геолого-съёмочных, геолого-поисковых и др. работ, в результате которых были открыты и в различной степени изучены многочисленные преимущественно золото-скарновые проявления. Позднее, наряду с золото-скарновыми проявлениями в север-северо-западной и северо-восточной части рудного поля были вскрыты единичные золото-сульфидно-кварцевые жилы (Якупов, 1970). Однако взаимоотношение упомянутых типов оруденения оказались неизученными.

В период 2012-2014 гг. при проведении ГРР коллективом АО «Горно-Алтайская экспедиция» были получены новые данные по составу, позиции этих типов и их геохимическим характеристикам (Рожченко и др., 2014). В этот же период проводились опытно-методические работы и тематические исследования. В результате опытно-методических геохимических исследований, проводившихся ФГУП ИМГРЭ, в пределах известных проявлений и перспективных участков были выделены моноэлементные и комплексные ореолы и геохимические поля, охарактеризован их состав и даны рекомендации по проведению поисковых и заверочных работ (Юшко и др., 2014). Тематические исследования, направленные на изучение вещественного состава руд и метасоматитов, проводились коллективом Томского политехнического университета (Ворошилов и др., 2014). Результаты этих исследований нашли отражение в диссертации О.В. Савиновой (Савинова, 2014). Золотоносности Топольнинского рудного поля посвящены также публикации Н.П. Бедарева, А.И. Гусева, Н.И. Гусева, Р.В. Рузаева, Т.В. Тимкина, О.В. Савиновой, Б.Г. Семенцова и др. При этом большая часть этих исследований была направлена на изучение золотоносных скарнов, лишь в некоторых работах рассматривалась позиция золото-сульфидно-кварцевых минерализованных зон, их вещественный состав, и подчеркивалась их роль в формировании россыпи золота по реке Ануй (Бедарев, Гусев, 1998).

В настоящее время в пределах Топольнинского рудного поля известно и в различной степени изучено 2 золоторудных месторождения с рудными телами золото-скарновой и жильно-прожилковой золото-сульфидно-кварцевой рудных формаций и 8 золоторудных проявлений. Эти объекты локализованы в сходных геологических обстановках рудного поля – в зонах экзоконтактов массивов гранитоидов, однако существенно различаются по характеру и степени золотоносности. В связи с этим актуальным является типизация золоторудных

объектов и выявление особенностей их геологического строения; установление критериев и признаков для ранжирования объектов по степени перспективности на выявление промышленных рудных тел.

Исследования последних лет, выполненные на ряде хорошо изученных золото-скарновых месторождений Алтайского края, Тувы и Урала (Майско-Лебедское, Тарданское, Новогоднее Монто и др.; к этому же типу относят золоторудные объекты Топольнинского рудного поля), показали, что для них характерно формирование золотого оруденения нескольких стадий. При этом образование рудных тел с неравномерным распределением концентраций золота на некоторых из них связано с пространственным совмещением золото-скарновой и золото-сульфидно-кварцевой минерализации различных стадий и/или этапов. В соответствии с этим, изучение пространственно-временных соотношений золото-скарновой и золото-сульфидно-кварцевой минерализации Топольнинского рудного поля актуально и имеет весьма важные практические следствия.

**Целью работы** является разработка геолого-поисковых моделей золотого оруденения Топольнинского рудного поля, учитывающих геолого-структурные и минералого-геохимические критерии и признаки объектов разной перспективности. Это стало возможным только в последние годы после выполнения значительных объемов геолого-геофизических, геохимических и поисково-оценочных работ в связи с реализацией в 2012-2014 годах Госконтракта №69-Ф «Поиски золота в пределах Топольнинского рудного поля (Алтайский край)» (2012–2014) гг.

#### **Задачи работы**

1. Определение основных элементов геологической обстановки локализации разнотипных золоторудных объектов рудного поля.
2. Изучение минералого-геохимических характеристик руд различных типов и гидротермально измененных пород, включая исследование типоморфизма сопровождающего их самородного золота из проявлений различных типов.
3. Типизация золоторудных проявлений Топольнинского рудного поля с целью выделения из них наиболее перспективного типа и разработки его геолого-поисковой модели с целью использования ее при выделении перспективных площадей и планирования ГРР.

#### **Защищаемые положения**

1. «Золоторудные объекты локализованы в экзоконтакте массивов гранитоидов в двух геологических обстановках: в области крутопадающего контакта массива с терригенно-карбонатной толщей, осложненной «дуговыми» и отдельными линейными разрывными нарушениями различной ориентировки, контролирующими положение апофиз массива и отдельных даек; и в области крутопадающего контакта массива с терригенно-карбонатной

толщей, осложненной региональными линейными разрывами северо-западной ориентировки, контролирующими размещение многочисленных разновозрастных даек «пестрого» состава».

2. «Золоторудные объекты Топольнинского рудного поля относятся к двум типам, отличающимся как по вещественному составу руд, так и по степени их золотоносности. К **первому типу** отнесены объекты, представленные золотоносными скарнами, локализованными в терригенно-карбонатных образованиях. Ко **второму типу** относятся объекты, представленные золотоносными скарнами, скарноидами и более поздними золото-сульфидно-кварцевыми минерализованными зонами, наложенными на золотоносные скарны, гранитоиды массива, дайки и терригенно-карбонатные образования. Второй тип наиболее перспективен».

3. «Золоторудные объекты первого типа в геохимических полях фиксируются ореолами Au, Cu, Ag и Bi, интенсивность которых определяется масштабами проявления и составом основной продуктивной золото-борнит-халькопиритовой с висмутином и теллуридами Bi, Ag, Pb минерализации. Золоторудные объекты второго типа в геохимических полях фиксируются ореолами Au, Cu, Ag, Bi, Zn, As, W, Pb и др., отражающими не только состав рудных скарнов, но и набор рудных минералов, установленный в жильно-прожилковых зонах золото-сульфидно-кварцевого состава (галенит, арсенопирит, минералы группы блеклых руд)»

4. «Разработаны геолого-поисковые модели для объектов первого и второго типа, включающие элементы геологической обстановки их нахождения, вещественный состав, геохимическую характеристику руд, гидротермально измененных пород и самородного золота, а так же данные о позиции перспективных участков в геофизических полях. К главным критериям, определяющими локализацию объектов наиболее перспективного типа отнесены: геолого-структурная позиция, магматические образования, рудоконтролирующие нарушения. Подготовленные модели могут быть использованы при выборе перспективных площадей, а так же ранжировании перспективных участков по последовательности проведения ГРП».

#### **Фактический материал и личный вклад автора.**

В основу диссертации положены материалы, полученные автором в ходе полевых и камеральных исследований, выполненных в 2014-2016 году в рамках Государственного контракта №АП-01-34/71 «Методическое обеспечение и сопровождение геологоразведочных работ...(2012-2014 гг.)» на объекте «Поиски золота в пределах Топольнинского рудного поля (Алтайский край)».

Автором проведен сбор и анализ геологической, геохимической, геофизической и рудно-минералогической информации по золотоносности Топольнинского рудного поля и его обрамления. В ходе полевых исследований им выполнена специализированная геологическая документация горных выработок и керна скважин (более 1000 п.м.), результаты которой были использованы при подготовке планов и разрезов золоторудных объектов рудного поля.

В ходе работ на поляризационном микроскопе Olympus BX-51 были выполнены петрографические и минераграфические исследований шлифов (120) и аншлифов (95), изготовленные из образцов, отобранных автором, а так же предоставленные АО «Горно-Алтайская экспедиция», характеризующие золото-скарновые и золото-сульфидно-кварцевые руды.

Автором выполнено изучение морфологии, сопутствующих минеральных ассоциаций, состава и внутреннего строения самородного золота из золотоносных скарнов, скарноидов, кварцевых жил и березитизированных вмещающих пород. Состав самородного золота и сопутствующих минералов определялся на электронно-зондовом микроанализаторе JEOL JXA-8100.

По предоставленным АО «Горно-Алтайская экспедиция» результатам аналитических исследований бороздовых и керновых проб были построены графики распределения золота и его элементов-спутников, которые позволили охарактеризовать первичные геохимические ореолы золото-скарнового и золото-сульфидно-кварцевого оруденения, выявить их сходства и различия. Результаты изучения самородного золота и построенные графики распределения золота и элементов-спутников вошли в состав итогового отчета по объекту «Поиски золота в пределах Топольнинского рудного поля (Алтайский край)». В диссертационной работе, кроме того, были учтены и использованы опубликованные научные труды и фондовые материалы ранее выполненных исследований.

### **Научная новизна**

1. Впервые для Топольнинского рудного поля на основе детального анализа геолого-структурных элементов, определяющих позицию и строение золоторудных проявлений и перспективных участков рудного поля, обосновано выделение двух типов объектов, отличающихся элементами геологического строения, минералого-геохимическими характеристиками и степенью перспективности; первый тип представлен телами золотоносных скарнов, второй тип – телами золотоносных скарнов и скарноидов в сочетании с жильно-прожилковыми зонами золото-сульфидно-кварцевого состава.

2. Позиция объектов первого типа (золотоносные скарны) контролируется зонами пересечений и/или сопряжения «дуговых» и линейных разрывов в экзоконтактовых зонах малых интрузий гранитоидов. Для него характерны первичные геохимические ореолы Au, Ag, Cu, Bi, реже Sn, Zn, редко W и As.

3. Позиция объектов второго типа (золотоносные скарны и скарноиды в сочетании с золото-сульфидно-кварцевыми жильно-прожилковыми зонами в березитизированных породах) определяется фрагментами зон долгоживущих разломов с комплексом разновозрастных дайковых тел «пестрого» состава в экзоконтактовых зонах малых интрузий гранитоидов. Для

скарнов и скарноидов объектов второго типа характерен тот же набор элементов, что и для скарнов объектов первого типа (Au, Ag, Cu, Bi, реже Sn, Zn, редко W и As.); для золото-сульфидно-кварцевых зон второго типа – ореолы Au, As, W, редко Cu, Sb, Pb и Zn.

4. Впервые получены данные по типоморфизму золота из скарнов, скарноидов, а также кварцевых жил, окварцованных и березитизированных рудовмещающих пород рудного поля. Было установлено, что в разнотипных породах золото морфологически сходно, при этом преобладает золото неправильных форм. Внутреннее строение золота из различных пород преимущественно монокристаллическое и зернистое при наличии простых или полисинтетических двойников роста. При этом золото из разнотипных пород отличается химическим составом: золото в скарнах и скарноидах имеет пробность 774-900‰, в нем зафиксированы примеси Bi, Te, Hg, характерные для самородного золота скарновых месторождений; золото из жильно-прожилковых зон золото-сульфидно-кварцевого состава имеет пробность 935-947‰ и содержит примесь Cu.

#### **Практическая значимость**

Для объектов двух выделенных типов были составлены геолого-поисковые модели, дана подробная характеристика их элементов-признаков, которые могут быть использованы при выборе площадей для постановки работ, а так же способствовать локализации детальных поисковых участков. Согласно разработанным моделям, на объектах второго типа формирование промышленно-значимых золоторудных тел связано с совмещением золото-скарновой и золото-сульфидно-кварцевой минерализации.

Результаты изучения типоморфизма самородного золота, а так же геохимические графики распределения золота и элементов-спутников, построенные на основе изучения материала из керн скважин и полотна канав и характеризующие два типа объектов, вошли в состав итогового отчета о результатах работ по объекту «Поиски золота в пределах Топольнинского рудного поля (Алтайский край)». Результаты исследования типоморфизма золота, включая определение его пробности, дополнили данные технологических испытаний руд.

Использование разработанных моделей или их отдельных элементов будет способствовать более достоверному обоснованию выбора перспективных золотоносных площадей и распознаванию объектов каждого из названных типов на ранних стадиях планирования ГРП. В частности на площадях с развитием скарновой минерализации Республики Тыва, Алтайского края и Республики Алтай.

#### **Апробация результатов**

Основные положения и результаты работы представлялись и докладывались на: II научно-практической конференции «Геология, геофизика и минеральное сырье Сибири» (21-24

апреля 2015 г., Новосибирск, СНИИГГиМС); на научно-практических конференциях «Научно-методические основы прогноза, поисков и оценки месторождений благородных, цветных металлов и алмазов - состояние и перспективы» (19–20 апреля 2016 г., 13–14 апреля 2017 г., Москва, ФГУП ЦНИГРИ); XXIII научной молодежной школе «Металлогения древних и современных океанов–2017. Дифференциация и причины разнообразия рудных месторождений». (24–28 апреля 2017 г. Миасс, Институт минералогии УрО РАН); XIII международной научно-практической конференции «Новые идеи в науках о Земле» (5–7 апреля 2017 г., Москва, РГГРУ). Доклады автора опубликованы в качестве тезисов.

### **Публикации**

По материалам диссертации опубликовано 8 работ, из них 2 статьи в реферируемых журналах.

### **Структура и объем работы**

Работа состоит из введения, 5-и глав, заключения и списка литературы из 129 наименований, общий объем работы составляет 187 страниц, включая 43 рисунка и 7 таблиц.

### **Благодарности.**

Автор благодарит всех, кто оказывал поддержку в проведении исследований и подготовке работы. Глубокую благодарность автор выражает научному руководителю – доктору геолого-минералогических наук Вячеславу Петровичу Новикову, за всестороннюю помощь, постоянное внимание, мудрое руководство и советы, важность которых трудно переоценить. Автор выражает благодарность сотрудникам ОАО «Горно-Алтайская экспедиция» – ведущему геологу В.А. Рожченко, главному геологу С.И. Федаку, директору Д.А. Шмойлову, которые оказали неоценимую помощь в сборе первичных и фондовых материалов. За всестороннюю поддержку автор благодарит коллег по Отделу научно-методического сопровождения и особенно А.Г. Волчкова. Особую благодарность автор выражает сотрудникам Отдела экзогенной золотоносности ЦНИГРИ С.В. Яблоковой, Л.В. Шатиловой и Н.Н. Поздняковой за важные советы и рекомендации при изучении самородного золота. За ценные консультации автор благодарен сотрудникам ЦНИГРИ С.С. Двуреченской, С.Г. Кряжеву, Л.А. Остапенко, А.М. Гаврилову. За помощь в подборе фондовых материалов автор благодарит главного геолога «ГДК Сибирь» В.И. Уютова, за помощь и содействие – В.С. Жаркову, В.С. Кряжева, Д.В. Левочскую.

# ГЛАВА 1. ГЕОЛОГИЧЕСКОЕ СТРОЕНИЕ ТОПОЛЬНИНСКОГО РУДНОГО ПОЛЯ

## 1.1. История геологического изучения

Топольнинское рудное поле локализовано на юго-западном склоне Ануйского хребта на северо-западе Горного Алтая (Солонешский район Алтайского края). Первые сведения о золотоносности рудного поля и прилегающих к нему территорий относятся к 30-м годам XIX века. Экспедицией штабс-капитана Ляпина в 1831 г. были открыты золотоносные россыпи по р. Быструхе (р. Быстрой, левом притоке р. Песчаной), примерно в 20 км к ССВ от северного фланга Топольнинского рудного поля). Этой же экспедицией в «5 верстах» к югу от с. Солонешное было выявлено коренное месторождение золота, связанное с «порфировой формацией».

В 1830–1841 гг. велись разведочные работы с частичной добычей медно-свинцовых серебросодержащих руд на и Солонешенском-I и Солонешенском-II жильных месторождениях. На месторождениях из карбонатно-кварцевых линзовидных тел с сульфидной вкрапленностью суммарно добыто 2.016 т меди, 0.721 т свинца и 48.176 кг серебра (Государственная геологическая карта М-45-I, 2001).

Золотоносные россыпи по р. Ануй и ее правым притокам – р. Дрезговитой и р. Караме – были открыты «Алтайским золотопромышленным обществом» в 1901 г. В 20–30-е годы XX века на изучаемой территории геологические исследования проводились В. П. Нехорошевым, Б. Ф. Сперанским, А. П. Мордвиновым. Накопившийся материал позволил Н. К. Винкману в 1940 г. составить предварительную геологическую карту масштаба 1:200 000 листа М-45-I. В 1940 г. В. А. Кузнецов и Г. Н. Нагорский после проведения в верхнем течении реки Ануй геолого-съёмочных работ М 1:200 000 составили геологическую карту и её описание. На основании проведенных исследований, в 1941 г. В. А. Кузнецовым была опубликована статья, в которой описывается золото-висмутовое оруденение близ с. Черный Ануй (примерно в 17 км к юго-востоку от южного фланга Топольнинского рудного поля), «связанное с гранит-порфирами и приуроченное к диоксид-гранатовым скарнам».

В 40-е годы XX века под руководством М. А. Лупова, Ю. Ф. Погоня, А. И. Александрова проводились геолого-поисковые работы в пределах Талицкого хребта, по левым притокам р. Ануй (примерно в 30 км к юго-западу от южного фланга рудного поля). В эти годы здесь было открыто несколько молибден-вольфрамовых месторождений, бериллиевое месторождение и

россыпное месторождение колумбита. Тогда же был сделан вывод о бесперспективности бассейна р. Щепеты (левый приток р. Ануй) в отношении золотого оруденения. В 1948 г. на площади листа М-45-І под руководством А. Б. Гинцингера снова проводятся геолого-съёмочные работы М 1:200 000 с составлением геологической карты. В 1936-1941 гг. и 1948-1949 гг. старателями и трестом «Горноалтайзолото» проводились работы с проходкой шурфов и скважин в районе р. Ануй, промышленные запасы обнаружены не были. В 1950 г. геоморфологом А. И. Куварзиным в Ануйском районе проводились геоморфологические маршрутные исследования. По результатам работ их автор высказал мнение о желательности проведения поисково-разведочных работ на россыпное золото.

Поисковые и разведочные работы на рудное и россыпное золото в бассейне р. Ануй выполнялись в 1951–1956 гг. Ануйской партией треста «Запсибзолото». На первом этапе проводилось шлиховое опробование и разведка россыпей по р. Ануй, его правым (р. Карам и р. Дрезговитная) и левым (р. Каракол и р. Мута) притокам. По итогам этих работ была выполнена оценка запасов россыпного золота по категориям  $C_1$  и  $C_2$ . Кроме разведки россыпного золота, партией велись работы по поискам его коренных источников. В ходе этих работ было установлено широкое развитие золота в шлихах левых и правых притоков Ануй, а в правом борту последнего вблизи с. Топольное в экзоконтактовой зоне Топольнинской интрузии гранитоидов были обнаружены скарны с золотом, что и предопределило направление последующих разведочных работ (Розен, 1957ф).

Проходка шурфов, канав и штолен ручной проходки выполнялась на участках Баяниха, Сухая Грива, Лог 26, Рыбный Лог-І, Рыбный Лог-ІІ, Малиновый Лог. В целом по итогам работ была установлена золотоносность скарнов на выявленных проявлениях. Как отмечает составитель отчета М. Ф. Розен, разведка выявленных объектов по различным причинам не была доведена до конца. Штольни вследствие организационных причин рудные залежи не пересекли, а были остановлены во вмещающих породах. У последующих исследователей вызывала нарекание и методика опробования, которое выполнялось, по их мнению, разрозненно и бессистемно (Рожченко и др., 2014ф).

Поисковые работы на золото в южной части рудного поля проводились в 1964 г. Ануйским отрядом Алтайской партии Северо-Алтайской экспедиции под руководством В. А. Стрелкова, результаты опубликованы не были. Последующие геолого-съёмочные работы масштаба 1:50 000 проводились в 1966-1968 гг. и захватили только северо-западную и юго-восточную часть рудного поля (Якупов и др., 1970ф). По итогам работ были выделены и расчленены на свиты отложения ордовика, силура, девона. Магматические образования рудного поля были отнесены к сателлитам Бутачихинского и Острушинского массивов среднего девона. В рамках ревизионных работ на проявлении Баяниха к северо-востоку от известных рудных скарнов была

выявлена кварцевая жила мощностью 1.3 м, по которой было получено содержание золота 50 г/т, что позволило говорить о наличии не только золото-скарного, но и золото-сульфидно-кварцевого оруденения.

В 1978–1980 гг. проводилось обобщение всех имеющихся материалов по золоту Горного Алтая, выполненное В. В. Сыроватским. В ходе работ были составлены карта золотоносности масштаба 1:500 000 и карты-врезки масштабов 1:50 000 и 1:100 000, в том числе и для Ануйского золоторудного района (Сыроватский и др., 1980ф). Так называемая «Дежурная геологическая карта» масштаба 1:100 000 на северо-западную и центральную часть Горного Алтая (включая территорию Топольнинского рудного поля) была составлена в 1982 г. Геологическое картирование масштаба 1:50 000, проводившееся в 1982–1986 гг. Куяганской партией Горно-Алтайской экспедиции захватило северо-восточную часть рудного поля (Коржнев и др., 1986ф).

В 1993 г. В. А. Кривчиковым был составлен обобщающий отчет по золотоносности и сереброносности Горного Алтая с приведением характеристики всех известных на тот момент месторождений, проявлений, пунктов минерализации, шлиховых ореолов и геохимических аномалий золота и серебра с последующей классификацией их формационной принадлежности и выделением перспективных площадей (Кривчиков и др., 1993ф).

Вопросы геологического строения Топольнинского рудного поля были так же отражены в тематических работах, посвященных изучению рудного и россыпного золота (В.Ф. Коновальцев, 1965ф; Коржнев Н.С., Тверитинов Ю.И., 1967ф; Сыроватский В.В., Ржиго Я.Я., 1980ф).

В 1993–1995 гг. старательской артелью ТОО «ОРО» производилась детальная разведка россыпи р. Карама с параллельной её отработкой. При этом в единичных пробах, отобранных из коренных обнажений в бортах долины р. Карама и руч. Рыбный, были установлены содержания золота до 5 г/т и знаки золота в количестве до 50 (Рожченко и др., 2014ф).

В ходе работ по геологическому доизучению М 1:200 000 листа карты М-45-І в 1994–2001 гг. были проанализированы и обобщены имеющиеся материалы по магматизму, стратиграфии, тектонике, полезным ископаемым и др. (Государственная геологическая карта М-45-І, 2001; Кривчиков и др., 1998ф).

Поисковые и оценочные работы на рудное золото выполнялись в 1996–2001 гг. ФГУП «Горно-Алтайской ПСЭ». Было выполнено шлиховое опробование водотоков и склонов, проходка канав и единичных скважин, передокументированы и переопробованы штольни предшественников. Получены новые данные по геологическому строению Топольнинского рудного поля и размещению золоторудных зон, составлена уточненная карта рудного поля и планы перспективных участков, установлены параметры рудных тел и некоторые

закономерности их локализации (Рузаев и др., 2002ф).

В 2012–2014 гг. ОАО «Горно-Алтайская экспедиция» в рамках государственного контракта, с целью выявления промышленного оруденения выполнялись горные и буровые работы, которые позволили существенно уточнить геологическое строение рудного поля, наиболее значимых проявлений и перспективных участков. Выполнены систематические поисковые работы в эндо-экзоконтактовой зоне Топольнинского и Караминского интрузивных массивов (Рожченко и др., 2014ф). Методическое сопровождение литохимических поисков в ходе работ 2012-2014 гг. выполнялось ФГУП ИМГРЭ. В результате этих работ были установлены характеристики известных (эталонных) проявлений во вторичных ореолах, выполнены литохимические поиски на перспективных участках, в том числе с применением метода МАСФ (масс-спектрометрический анализ сверхтонкой фракции). Полученные результаты позволили скорректировать направления геологоразведочных работ (Юшко и др., 2014ф). Горными и буровыми работами удалось успешно оконтурить по падению и простиранию ранее известные рудные тела, выявить новые рудные тела на проявлениях и существенно уточнить геологическое строение последних.

В 2012–2014 гг. коллективом Томского политехнического института под руководством В. Г. Ворошилова выполнялось изучение вещественного состава метасоматитов и руд. Были выполнены петрографические и минераграфические исследования. Выполнялся силикатный, рентгеноструктурный фазовый анализ, масс-спектрометрический с индуктивно-связанной плазмой анализ горных пород и руд, микрорентгеноспектральный анализ рудных и нерудных минералов, изотопные и термобарогеохимические исследования. Установлены характеристики газовой-жидких включений. Были установлены ранее неизвестные в рудном поле герсдорфит, цумоит, гессит, раклиджит, ульманит, поубаит, самородный висмут. Авторами отчета выполнена классификация метасоматических пород и определена их формационная принадлежность. Сделано предположение об одноэтапном отложении золота в составе золото-теллуридно-сульфидной ассоциации, формирование которой завершает процесс березитизации (Ворошилов и др., 2014ф). Полученные материалы и результаты выполненных исследований были положены в основу диссертационной работы О. В. Савиновой (Савинова, 2014).

Наиболее широкий круг вопросов, связанных с золотоносностью Топольнинского рудного поля, рассмотрен в публикациях А. И. Гусева (Бедарев, Гусев, 1998; Гусев, 2006, 2010, 2012, 2013). Им были исследованы вопросы петрологии и рудоносности интрузивных образований рудного поля, тектоническое строение Ануйского блока, флюидный режим рудогенерирующего магматизма, вопросы зональности оруденения, химический состав рудных минералов, выполнены изотопные исследования. Соотношения изотопов серы в сульфидах месторождений Баяниха и Лог-26 (пирит, борнит) позволили автору сделать вывод о ее

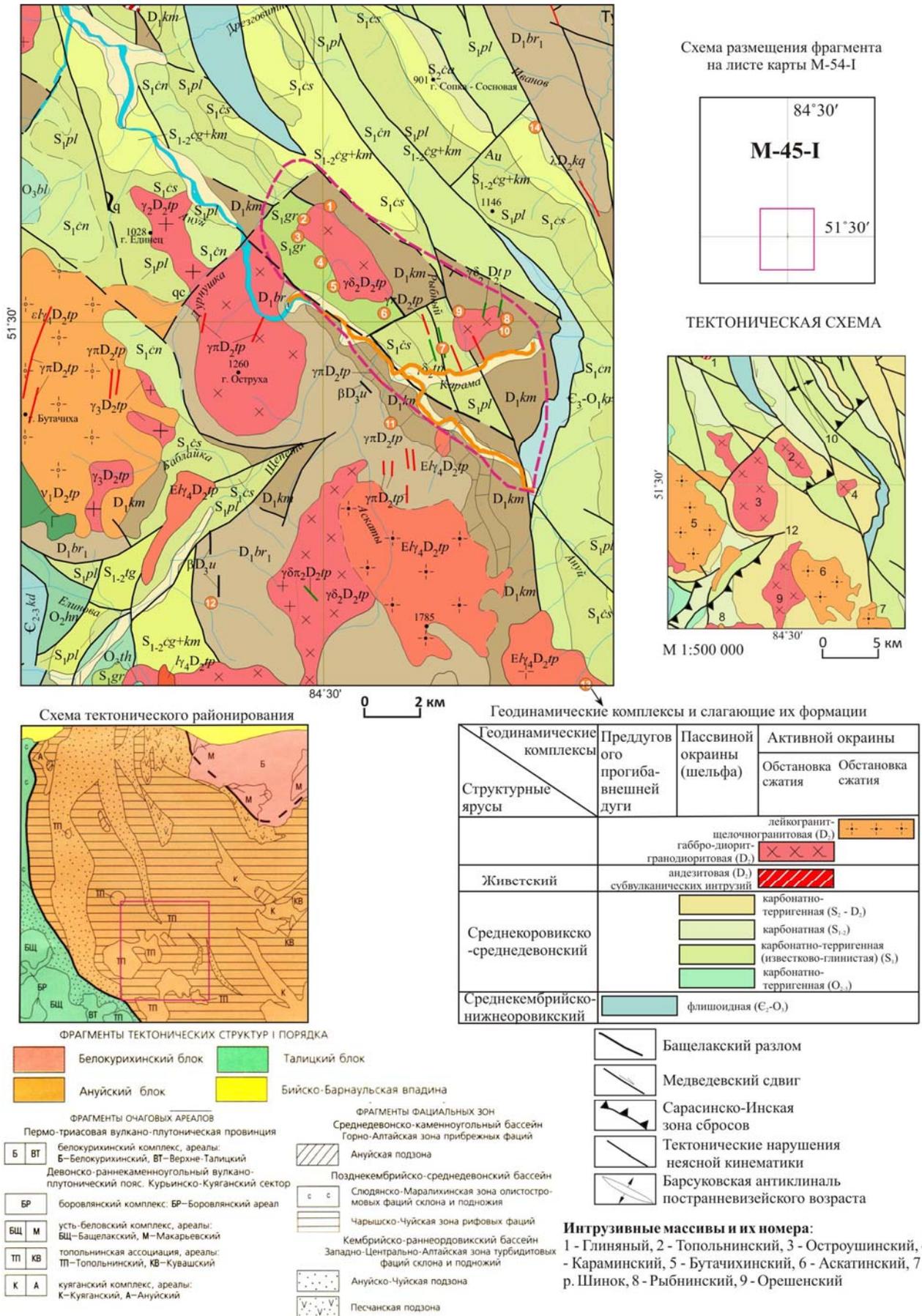
мантийном источнике. Были установлены повышенные, от десятков до более тысячи г/т, содержания золота в борните, халькозине, тетраэдрите и арсенопирите месторождений Баяниха и Лог-26. Автор на проявлении Баяниха выделяет 4 стадии гидротермальных и метасоматических изменений. Первые две связаны со становлением ранних и поздних скарновых парагенезисов, третья – с тремолит-актинолитовыми и кварц-альбит-эпидотовыми изменениями скарнов, ороговикованных терригенных и карбонатных пород, а четвертая (продуктивная) представлена преимущественно кварцем с золотом и рудными минералами (пирит, борнит, халькопирит, халькозин, тетраэдрит, алтаит и др.). Золотоносности Топольнинского рудного поля посвящены научные публикации Н. П. Бедарева, Т. В. Тимкина, Р. В. Рузаева, Б. Г. Семенцова, О. В. Савиновой и др. В них рассматриваются вопросы локализации оруденения, последовательность метасоматических и рудных процессов, вещественный состав руд и околорудных метасоматитов, аспекты геохимической зональности.

Стратиграфия, тектоника и магматизм исследуемой территории даются в соответствие с Государственной геологической картой третьего поколения (Государственная геологическая карта М-45-I, 2001).

## 1.2. Стратифицированные отложения

Топольнское рудное поле находится на территории Чарышско-Чуйской зоны рифовых фаций, в его строении принимают участие стратифицированные толщи раннего силура и раннего девона, на долю которых приходится около 60% площади рудного поля (Рисунок 1). К раннесилурийским относятся отложения *громотухинской нерасчлененной серии* ( $S_1 gr$ ), *полатинской свиты* ( $S_1 pl$ ) *чесноковской свита* ( $S_1 \check{c}s$ ), к раннедевонским – отложения *камьшенская свита* ( $D_1 km$ ).

В непосредственной близости от северо-восточных границ рудного поля залегают отложения объединенных *чагырской и куймовской свит* ( $S_{1-2} \check{c}g + km$ ). Вблизи северной границы рудного поля залегают отложения *чинетинской свиты* ( $S_1 \check{c}n$ ) в виде небольшого сегмента. Свиты имеют терригенно-карбонатный состав. Поскольку среди отложений этих свит не зафиксировано проявлений золоторудной минерализации, то в пределы рудного поля они не входят. С отложениями раннего девона и раннего силура, которые слагают Баянихинский и Сухогравский тектонические блоки, отложения этих свит имеют тектонические контакты (Рисунок 2).



**Рисунок 1.** Геологическая карта Топольнинского рудного поля М 1:200 000 (а), тектоническая схема и схема тектонического районирования (б) (Государственная геологическая карта М 1:200 000 М-45-І, 2001 г.)

## УСЛОВНЫЕ ОБОЗНАЧЕНИЯ

## Топольнинская ассоциация габбро-гранодиорит-гранитовая

$\epsilon\gamma_4 D_2 tp$	$E\gamma_4 D_2 tp$	$h\gamma_4 D_2 tp$	$\gamma\pi D_2 tp$	Четвертая фаза: субщелочные лейкограниты, щелочные лейкограниты, лейкограниты; дайки гранит-порфиров.
$\gamma_3 D_2 tp$	Третья фаза: граниты амфибол-биотитовые.			
$\gamma\delta_2 D_2 tp$	$\gamma\delta_2 D_2 tp$	Вторая фаза: гранодиориты биотит-роговообманковые; граниты меланократовые; кварцевые диориты - граниты меланократовые нерасчлененные; дайки кварцевых диорит-порфиров		
$\nu_1 D_2 tp$	Первая фаза: габбро, габбронориты, габбродолериты.			

## Урскульский комплекс габбро-долеритовый

$\beta D_3 u$	Малые тела долеритов; дайки долеритов
---------------	---------------------------------------

ПОЗДНЕКЕМБРИЙСКО-СРЕДНЕДЕВОНСКИЙ БАССЕЙН  
Чарышско-Чуйская зона рифовых фаций

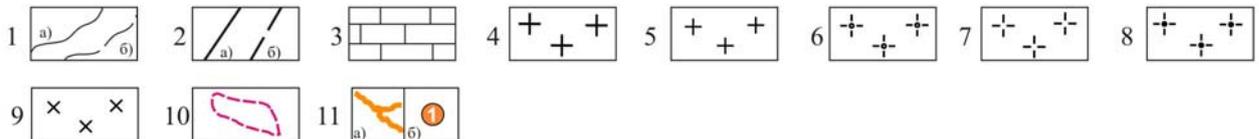
aQ4	Аллювиальные отложения пойм. Валунники, галечники, пески, супеси, суглинки, илы (до 8 м)	
$D_1 br_1$	Барагашская свита. Верхняя подсвита. Песчаники, алевролиты, известняки (600 - 900 м).	
$D_1 km$	Камышенская свита. Песчаники, алевролиты, известняки. В основании конгломераты и гравелиты с галькой черных кварцитов и известняков (375 - 1330 м).	
$S_{1-2 cs+km}$	$S_{1-2 tg}$	Чагырская и куимовская свиты объединенные. Известняки массивные, рифовые и слоистые. В верхней части прослой алевролитов, песчаников (850-1100 м).
$S_1 cs$	Чагырская и куимовская свиты объединенные. Известняки массивные, рифовые и слоистые. В верхней части прослой алевролитов, песчаников (850-1100 м).	
$S_1 pl$	$S_1 gr$	Полатинская свита. Известняки, известковистые песчаники, алевролиты (200 - 400 м);
$S_1 \dot{c}n$	Чинетинская свита. Глинистые сланцы, алевролиты, песчаники. Прослой известняков (400 - 500 м)	
$O_3 bl$	Булухтинская свита. Песчаники, алевролиты, гравелиты, известняки. В основании конгломераты с галькой черных кремней и кварца (500 - 700 м)	$O_3 th$ Техтенская свита. Известняки массивные и слоистые, алевролиты (320-350 м)
$O_2 hn$	Ханхаринская свита. Алевролиты, песчаники с прослоями известняков. В основании конгломераты с галькой кремней, кварцитов, известняков (более 1090 м)	

## КЕМБРИЙСКО-РАННЕОРДОВИКСКИЙ ТУРБИДИТНЫЙ БАССЕЙН

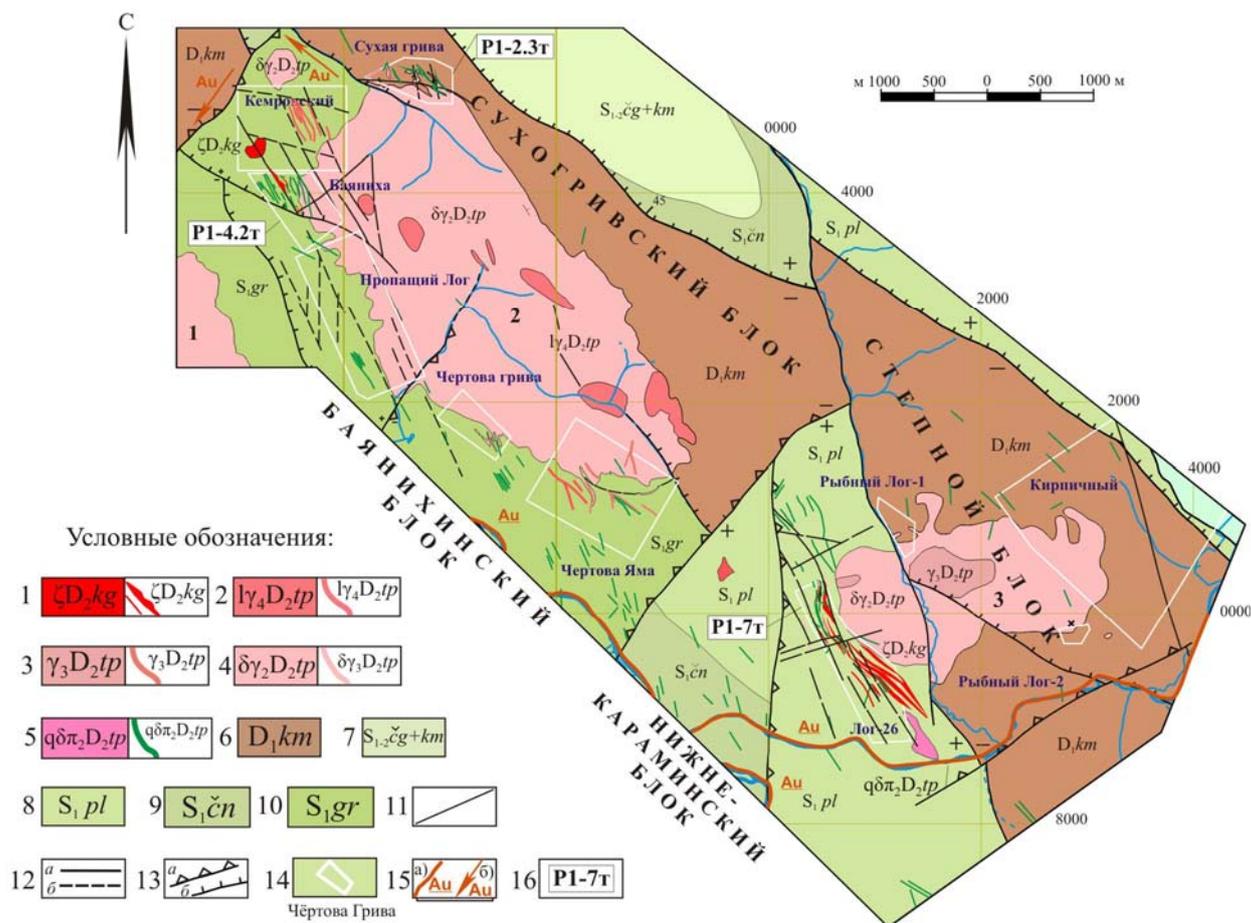
## Западно-Центрально-Алтайская зона турбидитовых фаций склонов и подножий

## Ануйско-Чуйская подзона

$\epsilon_3 - O_1 kr$	Кадринская свита. Пестроцветные песчаники и алевролиты, прослой гравелитов, и конгломератов с галькой кремней, кварцитов и алевролитов. Линзы и прослой кремней (>1000 м);
$\epsilon_{2-3} kd$	Кудатинская свита. Зеленые, серо-зеленые песчаники, алевролиты, филлиты (>1000 м)



1 - геологические границы достоверные (а), предполагаемые (б), 2 - разрывные нарушения достоверные (а), предполагаемые (б), 3 - известняки, 4 - граниты среднезернистые порфировидные, 5 - граниты среднезернистые, 6 - субщелочные лейкограниты крупнозернистые порфировидные, 7 - лейкограниты средне- крупнозернистые, 8 - щелочные лейкограниты мелко- среднезернистые, 9 - гранодиориты мелко- среднезернистые, 10 - Топольнинское рудное поле, 11 - золотоносные россыпи (а), золоторудные проявления (б): (1) - Сухая Грива, (2) - Кемровский, (3) - Баяниха, (4) - Пропаший лог, (5) - Чертова Грива, (6) - Чертова Яма, (7) - Лог-26, (8) - Кирпичный, (9) - Рыбный Лог-1, (10) - Рыбный Лог-2, (11) - Тог-Алтайские конгломераты, (12) - руч. Доцатый, (13) - Ивановское, (14) - Глиняное.



**1 - Куяганский комплекс риолит-дацит-андезитовый.** Дайки и штоки риолитов, плагиориолитов, дацитов, плагиодацитов; **2-6 - Топольнинская ассоциация габбро-гранодиорит-гранитовая;** **2 -** Четвёртая фаза: лейкограниты и их дайки, **3 -** Третья фаза: граниты, дайки гранит-порфиров; **4 -** Вторая фаза: гранодиориты; меланограниты, дайки гранодиоритов, гранодиорит-порфиров; **5 -** тела диорит-порфиров, кварцевых диорит-порфиров, кварцевых диоритов и их дайки. Интрузивные массивы: 1-Остроушинский; 2-Топольнинский, 3-Караминский. **6 - Камышенская свита.** Алевролиты песчанистые; песчаники; известняки; **7 - Чагырская и куимовская свиты объединенные.** Хлорит-слюдистые сланцы; известняки, алевролиты; полимиктовые и известковистые песчаники; **8 - Полатинская свита.** Алевролиты; известняки; полимиктовые и известковистые песчаники; **9 - Чинетинская свита.** Глинистые сланцы, алевролиты; **10 - Громотухинская серия** нерасчлененная: алевролиты; полимиктовые, известковистые песчаники; известняки; **11 -** геологические границы; **12 -** разрывные нарушения неустановленной кинематики а) достоверные; б) предполагаемые; **13 -** а) сбросы, б) надвиги; **14 -** проявления и месторождения; **15 -** а) россыпи золота по рр. Карамы и Ануй; б) потоки рассеяния золота; **16 -** прогнозные ресурсы золота категории  $P_1$ , т.

**Рисунок 2.** Схематическая геолого-тектоническая карта Топольнинского рудного поля (по Рожченко и др., 2014, с использованием данных Юшко, 2014 с изменениями и дополнениями автора).

Силурийская системаЛландоверийский ярус*Громотухинская серия нерасчлененная ( $S_1 gr$ )*

В пределах рудного поля отложения серии формируют пространство между Топольнинским и Остроушинским массивами гранитоидов, слагая Баянихинский тектонический блок. В состав серии входит две свиты: существенно терригенная чинетинская и терригенно-карбонатная полатинская, суммарной мощностью от 570 м до 750 м (Государственная геологическая карта М-45-І, 2001). В строении серии терригенные породы закономерно сменяются карбонатными, что говорит о трансгрессивном цикле осадконакопления со сменой мелководно-морских условий осадконакопления морскими. Поскольку проводившиеся автором исследования не включали решение вопросов стратиграфии, на планах и картах отложения серии оставлены нерасчлененными в соответствии с Государственной геологической картой 200 000. В пределах Баянихинского блока отложения серии представлены мраморизованными известняками, алевролитами, полимиктовыми песчаниками с редкими прослоями гравелитов, а так же чередованием этих пород. Встречаются так же мергели и известковистые алевролиты. Форма залегания пород неоднозначна. Отдельные элементы складчатости в пределах Баянихинского блока выделяются рядом предшествующих исследователей (Рузаев и др., 2002, Рожченко и др., 2014), хотя из-за невыдержанности отдельных пачек пород по падению и простиранию, фациальной смены осадков, уверенное выделение пликативных структур затруднительно. В целом пласты и пачки пород имеют северо-западное простирание, согласное и субсогласное простиранию региональных разрывных нарушений, и крутое, под углом 70-75°, падение на северо-восток. Отложения громотухинской серии в плане согласны, субсогласны или ориентированы вкрест простиранию контакта массива. Породы громотухинской серии являются рудовмещающими для золото-скарнового и золото-сульфидно-кварцевого оруденения. Локализации оруденения благоприятствует литологическая неоднородность отложений серии и частая смена разнородных литологических пачек вблизи контакта Топольнинского интрузивного массива, где породы подвержены ороговикованию, мраморизации и скарнированию.

*Полатинская свита ( $S_1 pl$ )*

На территории Топольнинского рудного поля слагает значительную часть Нижнекараминского тектонического блока. В состав свиты входят мраморизованные органогенные известняки, часто содержащие примесь обломочного материала, полимиктовые песчаники, алевролиты, а так же известковистые алевролиты, мергели, редкие маломощные прослои гравелитов. Накопление пород происходило в условиях шельфа. С подстилающими отложениями чинетинской свиты взаимоотношения согласные, с перекрывающими

отложениями чесноковской свиты, по некоторым данным (Государственная геологическая карта М-45-І, 2001) согласные, хотя в пределах рудного поля, по последним данным, установлены только тектонические контакты. Породы свиты смяты в складки северо-западного простирания, с погружением шарниров на северо-запад. Углы падения пластов составляют 60–80° (Рожченко и др., 2014). Простирание пород согласно с простиранием региональных разломов северо-западной ориентировки. Породы полатинской свиты являются рудовмещающими для золото-скарнового и золото-сульфидно-кварцевого оруденения. Как и в породах громотухинской серии, локализации оруденения благоприятствует литологическая неоднородность отложений с частой сменой литологических разностей вблизи контакта Караминского интрузивного массива, где породы подвержены ороговикованию, мраморизации и скарнированию. В приконтактной зоне отложения имеют крутое падение на юго-запад, под углом 70-85°. Мощность отложений колеблется от 200 до 400 м.

#### Венлокский ярус

##### *Чесноковская свита ( $S_1 \text{ } \check{c}s$ )*

Формирует часть Нижнекараминского тектонического блока, где её отложения локализуются в нижнем течении р.Карамы, и слагают сегмент к востоку от границ рудного поля. В пределах Нижнекараминского блока её отложения имеют согласный контакт с породами полатинской свиты, и тектонический контакт с породами громотухинской серии. Сегмент к востоку от рудного поля формирует крыло синклинальной структуры, имея согласный контакт с породами чагырской свиты, и тектонический контакт с породами камышенской свиты.

Свита представлена переслаивающимися, часто известковистыми алевролитами, известковистыми полимиктовыми песчаниками с прослоями светло-серых известняков. Углы падения пластов составляют 40–75°. Мощность свиты варьирует от 50–100 до 200–400 м (Рожченко и др., 2014).

#### Девонская система

##### Лохковский – пражский ярусы

##### *Камышенская свита ( $D_1 km$ )*

Слагает два тектонических блока Топольнинского рудного поля: Сухогривский и Степной. Так же её отложения фиксируются к северо-западу от границ рудного поля. В целом, на ее долю приходится около 50% стратифицированных отложений рудного поля.

Свита сложена терригенными и карбонатными отложениями, которые представлены кварцевыми, кварц-полевошпатовыми песчаниками, алевролитами, слоистыми и массивными известняками. Отмечаются маломощные прослои и линзы гравелитов, содержащих мелкую гальку чёрных силицилитов, пёстроокрашенных песчаников, алевролитов, сланцев, светло-

серых и розоватых известняков. Характерны фациальные замещения. Формирование отложений свиты происходило в условиях мелководного шельфа. (Государственная геологическая карта М-45-І, 2001). В целом в составе свиты преобладают терригенные отложения. Падения слоёв под углами 40–70°, складчатые структуры в пределах указанных блоков не выделяются. Слои ориентированы в северо-западном направлении, согласно системе региональных нарушений. Взаимоотношения свиты с отложениями силура тектонические. Карбонатные отложения свиты являются рудовмещающими для золото-скарнового оруденения.

### 1. 3. Магматизм

Поскольку условия локализации, минералогический и химический состав, текстурно-структурные характеристики и прочие сведения о магматических породах рудного поля подробно изложены в опубликованных и фондовых материалах (Гусев, 2013; Гусев, 2012; Бедарев, Гусев, 1998; Государственная геологическая карта М-45-І, 2001 и др.), в данном разделе отражены только главные особенности магматических пород рудного поля.

На долю магматических образований приходится около 40% территории Топольнинского рудного поля. Они представлены более ранним *куяганским риолит-дацит-андезитовым комплексом* (D<sub>2</sub>) и более поздней по отношению к нему *топольнинской габбро-гранодиорит-гранитной ассоциацией* (D<sub>2</sub>). Первый проявлен ограниченно и представлен дайками, реже штоками дацитов, плагиориолитов и плагиориодацитов. На долю топольнинской ассоциации приходится основной объем магматических образований. Она слагает два интрузивных массива: северный (Топольнинский), сложенный гранодиоритами, и южный (Караминский), центральная часть которого сложена гранодиоритами, а краевая – кварцевыми диоритами. Внедрение массивов сопровождалось интенсивным, но неравномерно развитым по площади рудного поля дайковым магматизмом кислого-среднего состава (Рисунок 2).

#### *Куюганский риолит-дацит-андезитовый комплекс (D<sub>2</sub>)*

В пределах Ануйского тектонического блока включает вулканогенные образования куюганской свиты, а также субвулканические образования в виде штоков, линейно вытянутых тел, даек кислого и среднего состава, широко распространенных по периферии вулканических полей и вдоль разломов (Государственная геологическая карта М-45-І, 2001). На исследуемой территории комплекс слагает отдельный шток плагиориолитов, прорывающий отложения громотухинской серии в пределах Баянихинского тектонического блока (к северо-западу от

месторождения Баяниха) и имеет размеры 170x180 м. Редкие и относительно маломощные по сравнению с другими районами Ануйского тектонического блока дайки имеют риолитовый, дацитовый, плагиориолитовый, плагиориодацитовый и андезитовый состав. Они установлены только в пределах Баянихинского и Нижнекараминского тектонических блоков (месторождения Баяниха и Лог-26).

В целом породы куяганского комплекса, включая широко развитые в смежных районах андезиты, относятся к известково-щелочной серии и андезитовой формации активных континентальных окраин андийского типа. Среднедевонский возраст комплекса устанавливается исходя из стратиграфического положения куяганской свиты (Государственная геологическая карта М-45-I, 2001).

Дайки куяганского комплекса в рудном поле имеют протяженность от 60 до 800 м при мощности от 5 до 80 м, иногда наблюдаются дайки с раздувами и пережимами, которым соответствует изменение мощности от 5 до 50 м. Встречаются так же скрытые дайки, не выходящие на поверхность. Наиболее мощные тела, представленные риолитами, с увеличением мощности тел переходят в гранит-порфиры, что иногда затрудняет определение принадлежности даек к конкретному комплексу, поскольку гранит-порфиры встречаются и среди даек топольнинского комплекса. Для выделения признаков, позволяющих разделять породы разных комплексов, но имеющие одинаковый состав, требуется проведение специальных петрологических исследований. Иногда фиксируется пересечение даек куяганского комплекса более поздними образованиями – диоритовыми порфиритами и гранит-порфирами топольнинского комплекса.

Плагиориолиты и плагиориодациты – это породы от светло-серой, серой до зеленовато-коричневато-серой окраски, афировые или с порфировыми вкрапленниками. Последние представлены преимущественно плагиоклазом и кварцем, реже КПШ, редко хлоритизированной роговой обманкой. Во вкрапленниках плагиориолитов по сравнению с плагиориодацитами преобладает кварц. Количество вкрапленников может достигать 20%. Они погружены в тонкозернистую фельзитовую полевошпат-кварцевую массу. Иногда породы имеют зеленовато-коричневато-серую окраску, вероятно, за счет контаминации алевролитового вещества, что сближает их с андезитами. Текстура пород массивная или флюидальная.

Гранит-порфиры, слагающие наиболее мощные части даек риолитов и плагиориолитов (более 30 м), сложены порфировидными выделениями кварца, полевых шпатов, роговой обманки и биотита, погруженными в тонко- мелкозернистую основную массу аналогичного состава.

Плагиодациты визуальны сходны с плагиориолитами, Они имеют преимущественно порфировое строение, на долю вкрапленников приходится до 20-25% объема породы.

Вкрапленники представлены преимущественно таблитчатыми кристаллами плагиоклаза, реже кварцем роговой обманкой и биотитом. Плагиоклаз замещается серицитом и клиноцоизитом (при этом плагиоклаз приобретает зеленоватые окраски), роговая обманка и биотит – хлоритом. Вкрапленники погружены в тонкозернистую массу кварц-полевошпатового состава. Тела дацитов имеют мощность от 4 до 20 м при прослеженной протяженности 80-500 м.

Порфиновые андезиты – это темно-серые породы иногда с вишневым оттенком. Порфиновые вкрапленники представлены плагиоклазом (андезин), роговой обманкой и клинопироксеном, которые часто раздроблены и замещенные вторичными минералами. Плагиоклаз (андезин) имеет таблитчатый, призматический облик, в различной степени замещен мусковитом, соссуритом, карбонатом. Роговая обманка замещается хлоритом и биотитом. Бледно-зеленый клинопироксен замещается агрегатом амфибола и хлорита и наблюдается только в реликтовых формах. Основная масса пород имеет микролитовую структуру с лейстами плагиоклаза, размещенными в агрегате вторичных минералов с сочетанием хлорита, эпидота, амфибола, биотита.

Ранее предполагалось, что андезиты являются вторыми по распространенности дайковыми породами проявления Лог-26 после плагиориолитов–гранит-порфиров, образуя мощное тело, трассирующее проявление с северо-запада на юго-восток. Однако в ходе последних исследований было установлено, что андезиты формируют лишь одно тело мощностью 5-16 м и протяженностью 180 м в северной части месторождения Лог-26. Остальные породы, определяемые как андезиты, на самом деле оказались диоритовыми порфиритами (Рожченко и др., 2014). В целом дайки куяганского комплекса имеют северо-западное простирание, подчиняясь ориентировке региональных разрывов, как правило, согласны с вмещающими осадочными отложениями и имеют крутое падение под углом 70-85°. Характерны раздувы и пережимы тел. В Топольнинском рудном поле по некоторым плагиориолитам и плагиодацитам развиты серицит-карбонат-кварцевые метасоматиты, которые иногда обладают повышенной золотоносностью. Повышенные содержания золота устанавливаются иногда в практически неизмененных плагиориолитах с редкими кварцевыми прожилками. С телами гранит-порфиров куяганского комплекса пространственно связаны жильные свинцово-медные с серебром месторождения Солонешенское-I и II, расположенные в 14 км к северо-западу от северного фланга Топольнинского рудного поля. В пространстве дайки часто ассоциируют с телами скарнов и скарноидов. Резкие контакты и отсутствие переходных зон не позволяет говорить о роли даек в скарнообразовании. Несмотря на заметное количество повышенные содержания золота, установленные в дайках куяганского комплекса на месторождениях Баяниха и Лог-26, специфика комплекса на медь, свинец и серебро не

позволяет говорить о его роли в формировании золотого оруденения. Вероятно, субвулканические образования служат лишь вмещающей средой для отложения золота.

*Топольнинская габбро-гранодиорит-гранитная ассоциация (D<sub>2</sub>)*

В составе ассоциации выделяется четыре фазы внедрения: первая – габброиды и диориты, вторая – кварцевые диориты, гранодиориты и меланограниты, третья – граниты и четвертая – лейкограниты (Государственная геологическая карта М-45-І, 2001). В пределах рудного поля пород первой фазы не установлено. Доминируют породы второй фазы, которые представлены биотит-роговообманковыми гранодиоритами и меланогранитами. В состав третьей фазы входят ограниченно развитые биотитовые и амфибол-биотитовые граниты. В четвертую фазу включаются биотитовые лейкограниты. Дайки гранодиорит-порфиров, диоритовых порфиритов, кварцевых диоритовых порфиритов, вероятно, относятся ко второй фазе, гранит-порфиров – к третьей, а дайки лейкогранитов и лейкогранит-порфиров – к четвертой.

*Топольнинский массив* (Рисунок 2) занимает центральную и северо-западную часть рудного поля, располагается на границе двух тектонических блоков – Баянихинского и Сухогровского, сложенных породами раннего силура и раннего девона. Массив имеет неправильную овальную, удлинённую в северо-западном направлении форму, согласуясь с направлением главных региональных нарушений. Его площадь около 9 км<sup>2</sup> при размерах 4,5×2 км. Северо-восточные границы массива более ровные и плавные, в отличие от заливообразных и осложнённых апофизами южных и юго-западных, вдоль которых локализовано большее количество проявлений и перспективных участков (Баяниха, Пропащий Лог, Чертова Грива, Чертова Яма). Предполагается, что массив имеет форму пластины. В магнитном поле он выражен на фоне вмещающих пород слабой отрицательной аномалией (Мамонтов и др., 1985; Рожченко и др., 2014).

В составе массива преобладают амфибол-биотитовые меланограниты и биотит-роговообманковые гранодиориты второй фазы, на долю которых приходится около 90-95% его объема. В центральных частях структура пород средне- крупнозернистая, в краевых – среднезернистая. Породы подвержены выветриванию, каолинизации и лимонитизации.

*Караминской массив* (Рисунок 2) имеет овальную форму и занимает юго-восточную часть рудного поля, располагаясь на границе двух тектонических блоков – Нижнекараминского и Степного. В отличие от Топольнинского массива удлинён в субширотном направлении, хотя его апофизы имеют северо-западное и субмеридиональное простирание, подчеркивая направление региональной системы разрывных нарушений. Массив площадью около 3 км<sup>2</sup> имеет размеры 2.5х1.2 км. По данным А. И. Гусева, западная, более эродированная часть массива, сложена гранодиоритами и роговообманково-биотитовыми меланогранитами.

Восточная, менее эродированная, часть сложена гранитоидами с отчетливо проявленной зональностью (по направлению к экзоконтакту): гранитами нормального ряда третьей фазы – гранодиоритами – тоналитами – кварцевыми диоритами второй фазы – андезитами зоны закалки (Гусев, 2013). Контакты Караминского массива более извилистые, образующие глубокие «заливы». Контакты массива падают под осадочную толщу под углами до 70°.

Гранодиориты Топольнинского и Караминского массивов представляют собой среднезернистые, иногда порфировидные породы серой и розовато-серой окраски. По минеральному составу выделяются биотит-роговообманковые и роговообманковые гранодиориты. Меланограниты как фациальные вариации гранодиоритов представляют собой светло-серые, бледно-коричневые среднезернистые породы. По составу темноцветов подавляющая часть гранитов относится к биотитовым, менее развиты роговообманково-биотитовые разности, еще менее – существенно роговообманковые (Рожченко и др., 2014)

Значительно менее распространенные тоналиты и кварцевые диориты (как фациальные вариации гранодиоритов) слагают краевую эндоконтактовую полосу Караминского массива шириной 50–300 м. В Топольнинском массиве тоналиты выделяются в виде тел линзовидной конфигурации в эндоконтактовой части гранодиоритов. Контакты между тоналитами и кварцевыми диоритами постепенные, фациальные; характерны взаимопереходы между тоналитами и кварцевыми диоритами, а также с гранодиоритами эндоконтактовых зон массивов. Визуально породы имеют зеленовато-серую окраску, среднезернистую структуру и массивную текстуру. По составу темноцветных минералов выделяются биотит-роговообманковые (тоналиты), роговообманковые, пироксен-роговообманковые разности.

Граниты третьей фазы внедрения в пределах Топольнинского рудного поля пользуются очень ограниченным распространением и в заметных количествах присутствуют только в центральной части Караминского массивов (Рожченко и др., 2014).

Лейкограниты четвертой фазы внедрения образуют мелкие (до первых сотен метров в поперечнике) тела различной формы, нередко вытянутые в северо-западном (Топольнинский массив) направлении, прорывая гранодиориты и меланограниты второй фазы.

На контактах с массивом карбонатные породы подвержены мраморизации и скарнированию, а терригенные – ороговиканию. Ореолы контактово-измененных пород имеют мощность от 200 до 1200 м (Государственная геологическая карта М-45-1, 2001). С внедрением массива связано образование инфильтрационных и биметасоматических скарнов, часто содержащих золоторудную минерализацию. В гранитоидах массива на проявлении Баяниха известны золотоносные кварцевые жилы, а на контакте массива и вмещающих алевролитов – жильно-прожилковые зоны.

К дайкам *первого этапа* предположительно относятся единичные тела долеритов, установленные на проявлении Лог-26. Долериты и кварцевые долериты – массивные зеленовато-серые породы с офитовой структурой. Тела имеют мощность 2-10 м и протяженностью 120-340 м.

Наиболее распространенными в рудном поле являются дайки *второго этапа*, к которым относятся диоритовые разности и некоторые другие породы. Среди диоритовых разновидностей преобладают диоритовые порфириты, также встречаются кварцевые диоритовые порфириты, кварцевые диориты, монцодиориты, монцодиоритовые порфириты и кварцевые монцодиориты. Дайки имеют мощность от первых метров до 12 м и протяженностью от 70 до 450 м.

Диоритовые порфириты имеют темно-зеленовато-серую окраску и порфировидное строение. В составе порфировидных выделений размером до 4 мм преобладает плагиоклаз (до 70%), значительно меньшим распространением пользуется роговая обманка (до 30%), в количестве первых процентов встречается КПШ. На долю порфировидных выделений приходится до 30% объема породы, они погружены в тонко- мелкозернистую массу, сложенную плагиоклазом и роговой обманкой. В случае широкой вариации размеров вкрапленников при их максимальном количестве макро порфировидное строение не угадывается, и только при изучении шлифов видно, что разноразмерные выделения погружены в тонкозернистую основную массу.

Ко второму этапу относятся дайки гранодиорит-порфиров, а также, предположительно, встреченные в единичных случаях (на месторождении Баяниха) дайки плагиогранитов – тоналит-порфиров.

Дайки гранодиорит-порфиров мощностью 1-15 м фиксируются внутри тел дацитов (месторождение Баяниха), с которыми имеют как постепенные контакты, так и резкие, через зоны милонитизации. Наличие гранодиорит-порфиров как внутри даек кислых вулканитов, так и на контакте с осадочной толщей, позволяет считать гранодиорит-порфиры самостоятельными образованиями. Гранодиорит-порфиры имеют сероватую окраску, состоит из сосюритизированного плагиоклаза (45-50%), кварца (20-25%), КПШ (15%), хлоритизированных биотита и роговой обманки (15%). В порфировых выделениях развит плагиоклаз, роговая обманка и биотит.

Дайки тоналит-порфиров представляют собой серовато-зеленые породы с большим количеством порфировидных выделений плагиоклаза. Породы состоят на 50-60% из плагиоклаза, на 15-20% из кварца, на долю биотита и роговой обманки приходится около 20%. Дайки имеют мощность 8-13 м, иногда центральная часть тоналит-порфиров сложена плагиогранитами.

К дайкам *третьего этапа* относятся гранит-порфиры и граниты. Гранит-порфиры представляют собой светло-серые, желтовато-серые породы, которые состоят из порфировидных выделений кварца, КПШ, плагиоклаза и редких зерен темноцветного минерала размером 2-4 мм, погруженных в т/з массу, сложенную этими же минералами. К дайкам *четвертого этапа* относятся лейкограниты.

В целом разновозрастные дайки имеют северо-западное простирание, по азимуту 330-345, субсогласны или согласны с простиранием терригенно-карбонатных толщ, реже они ориентированы под острым углом. Встречаются дайки или апофизы даек, ориентированные вкрест осадочным отложениям под углом 30-90°, они имеют простирание северо-восток 300° и северо-запад 15-20°. Количество даек в целом отражает тектоническую нарушенность участков, а наличие разновозрастных даек указывает на длительность тектонических процессов в пределах конкретных проявлений и участков. Примечательно, что комплекс разновозрастных даек «пестрого» состава наиболее широко развит на месторождениях (Лог-26, Баяниха). И, наоборот, на малоперспективных участках комплекс даек «пестрого» состава развит ограниченно, или развиты дайки только отдельных этапов становления топольнинской ассоциации (проявление Кемровское, Пропаший Лог, Кирпичное и др.). Характерно, что наиболее древние дайки куюганского комплекса зафиксированы только в пределах наиболее месторождений Баяниха и Лог-26. На остальных, менее перспективных объектах, встречаются дайки только топольнинской ассоциации.

Тектоническая нарушенность, которую отражает интенсивность проявления дайкового комплекса, благоприятствовала локализации золото-скарнового и золото-сульфидно-кварцевого оруденения. Непосредственно на сами дайки часто бывает наложено золото-сульфидно-кварцевое оруденение.

Широкое распространение даек, как на месторождениях Баяниха и Лог-26, характерно и для других золото-скарновых месторождений. Так, например, на некоторых месторождениях Синюхинского рудного поля на долю даек может приходиться до 40% площади. В то же время на некоторых объектах золото-скарнового типа дайковый комплекс проявлен крайне незначительно (Майско-Лебедское месторождение (Столбова, 1970)).

Следует отметить, что принадлежность некоторых даек к конкретному комплексу (ассоциации) не всегда определяется однозначно. Так, например, на месторождении Лог-26 в направлении к массиву гранитоидов топольнинской ассоциации увеличивается количество даек, по минералогическому составу и текстурно-структурным особенностям аналогичные дайкам куюганского комплекса проявления Баяниха.

После становления гранодиоритов и меланогранитов второй фазы формируется основной объем скарнов, на которые затем накладываются пропилитоподобные изменения,

формирование которых завершается отложением золота. Золото-сульфидно-кварцевые жильно-прожилковые образования, сопровождающиеся березитоподобными изменениями, формируются позднее золота, связанного с постскарновыми изменениями, вероятно, после наиболее поздней четвертой фазы становления гранитоидов топольнинской ассоциации.

#### 1.4. Тектоническое строение

Топольнинское рудное поле расположено в центральной части Западно-Горноалтайской складчатой системы каледонид, в пределах Ануйского тектонического блока, рассматриваемого как область проявления вулканоплутонических ассоциаций девонского возраста. (Рисунок 1). Структурный план Ануйского блока характеризуется сочетанием протяженных узких относительно прямолинейных и дугообразных складчато-разрывных структур с линейным типом складок наряду с купольно-мульдовой складчатостью. Общее простирание структур север-северо-западное с переходом к меридиональному по мере приближения к северной части блока (Государственная геологическая карта М-45-І, 2001).

Ануйский блок сформирован стратифицированными отложениями среднекембрийско-нижнеордовикского, среднеордовикско-среднедевонского, живетского и верхнеживетско-нижневизейского структурных ярусов, а так же интрузивными образованиями среднего-позднего девона и пермо-триаса, которые отвечают определенным этапам и стадиям рифей-палеозойского плитотектонического цикла (Государственная геологическая карта М-45-І, 2001).

Согласно легенде Государственной геологической карты М 1:200 000, формирование складчато-разрывных структур Ануйского блока осуществлялось в ходе нескольких крупных этапов деформаций: кембрийско(?)–раннеордовикского (1), живетского (2), позднепалеозойско-мезозойского (3), неоген-четвертичного (4).

Характер кембрийско(?)–раннеордовикской складчатости не ясен из-за последующих этапов деформаций. В ходе живетской фазы происходило развитие и активизация сопряженных систем соскладчатых нарушений – правых взбросо- и сбросо-сдвигов субмеридионального простирания, левых взбросо- и сбросо-сдвигов запад-северо-западного простирания и сбросов северо-восточного простирания. Отложения кембро-ордовика в ходе этого этапа были собраны в субизоклинальные линейные складки, а отложения среднего ордовика-раннего живета – в открытые линейные складки.

Позднедевонско-мезозойский этап характеризуется формированием складок

субмеридионального простирания ( $340-10^\circ$ ) и активизацией тектонических нарушений.

Неоген-четвертичный этап характеризуется меридиональным сжатием и формированием сопряженных субширотных взбросо-надвигов, субмеридиональных сбросов, сдвигов северо-западного и северо-восточного простирания, часто за счет подновления ранее существовавших нарушений.

В целом, в строении Ануйского блока резко преобладают разрывные нарушения северо-западного – субмеридионального простирания, которые делят блок на систему линейно-вытянутых пластин аналогичного простирания, сложенных разновозрастными отложениями от среднего кембрия до среднего девона. Оси линейных складчатых структур так же имеют простирание, аналогичное главному направлению разрывной тектоники. Углы падения крыльев варьируют в широких пределах; в ордовикских и силурийских отложениях изредка отмечается опрокинутое залегание (Государственная геологическая карта М-45-І, 2001).

Топольнинское рудное поле расположено в северо-восточном обрамлении сложно построенной тектоно-магматической структуры центрального типа, сформировавшейся в связи с внедрением интрузивов габбро-гранодиорит-гранитовой топольнинской ассоциации ( $D_2$ ) в карбонатно-терригенные отложения раннего девона и раннего силура. В региональном плане эта тектоно-магматической структура, сложенная гранитоидами топольнинской ассоциации, расположена на юго-западном фланге Ануйского блока, в зоне влияния Башчелакского регионального разлома, который отделяет структуры Ануйского блока от структур смежного с ним Талицкого блока (Рисунок 1).

В строении рудного поля участвуют отложения среднеордовикско-среднедевонского структурного яруса, представленные карбонатно-терригенной известково-глинистой ( $S_1$ ), карбонатной ( $S_{1-2}$ ) и карбонатно-терригенной ( $S_2-D_2$ ) формациями, сформировавшимися в обстановке относительно мелководного шельфа пассивной континентальной окраины. Отложения среднеордовикско-среднедевонского структурного яруса прорываются субвулканическими интрузиями андезитовой ( $D_2$ ) и габбро-диорит-гранодиоритовой ( $D_2$ ) формаций, формирование которых маркирует условия обстановки сжатия активной континентальной окраины.

В структурном плане рудное поле сложено четырьмя мелкими тектоническими блоками, которые сложены разновозрастными отложениями раннего девона и раннего силура и имеют тектонические границы: Сухогривский, Баянихинский, Степной и Нижнекараминский. Форма блоков в плане – клиновидная или трапециевидная (Рисунок 2). Северо-западную часть рудного поля слагают Сухогривский и Баянихинский тектонические блоки, юго-восточную – Степной и Нижнекараминский. Сухогривский и Степной блоки слагают отложения раннего девона (камышенская свита), Баянихинский блок – отложения раннего силура (громотухинская

серия нерасчлененная), Нижнекараминский блок – отложения раннего силура (полатинская и чесноковская свиты).

Эти четыре блока в совокупности образуют структуру субпрямоугольной в плане формы. С севера и северо-запада она ограничена Светлинским сбросом, с северо-востока – Медведевским и Степным надвигами, с юго-запада – Топольнинским надвигом, отделяющим отложения Баянихинского и Нижнекараминского блока от отложений раннего девона левобережной части р. Ануй, с юга и юго-востока – разломом сложной кинематики, разграничивающим отложения Степного блока и отложения позднего кембрия-раннего ордовика (Рисунок 2). Внешние границы описываемой структуры определяют границы рудного поля.

Топольнинский массив расположен на границе Баянихинского и Сухогровского блоков и имеет аналогичную с ними северо-западную ориентировку. Караминский массив располагается на границе Степного и Нижнекараминского блоков, но в отличие от Топольнинского ориентирован субширотно. Апофизы интрузивных массивов часто подчиняются разрывным нарушениям северо-западного направления. Северо-западную ориентировку зачастую имеют тела лейкогранитов, локализованные внутри Топольнинского массива.

В целом в рудном поле преобладают разрывные нарушения северо-западной ориентировки, определяющие ориентировку основных структур рудного поля. Учитывая, что северо-западное и северо-северо-западное направления в целом преобладают в структурах Ануйского блока, в дальнейшем они будут именоваться региональными. Наряду с «региональными» так же фиксируются нарушения северо-восточного простирания. Последние, к которым относятся в том числе Светлинский и Щепетинский сбросы, включаются некоторыми исследователями в Сарасинско-Инскую зону сбросов. Кроме того, в рудном поле так же зафиксированы так называемые «дуговые» разломы, конформные залеганию пород рудовмещающей толщи, контактам интрузивных массивов и их апофизам. Разрывные нарушения различной кинематики, имеющие северо-западную и северо-восточную ориентировку, определяют блоковое строение рудного поля (Рисунок 2).

Для Топольнинского рудного поля, в пределах которого известно заметное количество проявлений и перспективных участков, характерно развитие мраморизованных известняков, роговиков и ороговикованных пород, скарнов и скарноидов на контактах Топольнинского и Караминского интрузивных массивов. Кроме того, характерно развитие пропилитизированных рассланцованных терригенно-карбонатных пород, милонитов, динамосланцев, а также более локальных очковых кварц-альбитовых и альбит-серицит-кварцевых сланцев. На локализацию этих метаморфических и метасоматических породы оказала влияние не только близость интрузивного контакта, но и разрывные нарушения, прежде всего регионального северо-

западного простирания.

Некоторые разломы достаточно уверенно прослеживаются на местности по совмещению разновозрастных образований с резко отличной литологией и характером дислоцированности, широко проявленному рассланцеванию пластичных пород, катаклазу, брекчированию и милонитизации. На отдельных фрагментах рудного поля разломы трассируются разнообразными дайками. Нарушения фрагментарно дешифрируются на аэрофотоснимках, космоснимках мелкого масштаба и выражаются в современном рельефе структурными уступами и приуроченностью долин рек. Дайки куяганского комплекса и топольнинской ассоциации, как отмечалось выше, так же в целом подчиняются системе региональных нарушений (Рисунок 1). Заметно преобладание даек в пределах тектонических блоков, сформированными отложениями раннего силура (Баянихинский и Нижнекараминский), в то время как среди отложений Сухогровского и Степного блоков, сложенных породами раннего девона, дайковый комплекс проявлен ограниченно. Характерно так же, что наибольшее количество тектонических нарушений, выявленных по результатам дешифрирования аэрофото- и космоснимков, зафиксировано именно в пределах Баянихинского и Нижнекараминского блоков. Эти нарушения имеют преимущественно северо-западную ориентировку и осложняют область экзоконтакта Топольнинского и Караминского массивов. Наиболее мощные и протяженные тела скарнов и скарноидов, а так же наиболее протяженные рудные тела, в которых локализовано основное оруденение рудного поля, локализованы на месторождениях Баяниха и Лог-26, которые расположены в пределах Баянихинского и Нижнекараминского блоков соответственно. Следует так же добавить, что вторичные ореолы золота и элементов-спутников ориентированы также в северо-западном направлении. Все изложенные факты, таким образом, свидетельствуют в пользу того, что отложения раннего силура более тектонически проработаны по сравнению с отложениями раннего девона. Причин этому может быть несколько. Во-первых, для пород громотухинской серии и полатинской свиты характерно частое чередованием терригенных, терригенно-карбонатных и карбонатных пород в свитах раннего силура, что предопределяет ослабленность этих пород. Во-вторых, отложения этих свит могли подвергаться большему воздействию со стороны остывающих интрузивных пород, поскольку расположены между Топольнинским и Остроушинским, Караминским и Остроушинским массивами, то есть над зоной возможного соединения этих массивов.

Таким образом, тектонический фактор сыграл определяющую роль в локализации оруденения Топольнинского рудного поля.

## ГЛАВА 2. ГЕОЛОГО-СТРУКТУРНАЯ ПОЗИЦИЯ ЗОЛОТОРУДНЫХ ОБЪЕКТОВ ТОПОЛЬНИНСКОГО РУДНОГО ПОЛЯ

### 2.1. Общие закономерности локализации золоторудных объектов Топольнинского рудного поля

Геолого-структурная позиция золоторудных проявлений и перспективных участков Топольнинского рудного поля, как показали выполненные исследования, определяется их локализацией в области контакта Топольнинского и Караминского массивов гранитоидов. При этом, строение и элементы залегания контакта, а главное характер его взаимоотношения с рудовмещающей толщей, во многом определяет морфологию и параметры скарновых тел, в том числе золотоносных.

Все известные золоторудные проявления и перспективные участки рудного поля расположены в зоне экзоконтакта, не далее 250–350 м от линии контакта массивов, что определяется преобладанием крутых контактов у последних.

Контакты Караминского и Топольнинского массивов гранодиоритов имеют разнообразную морфологию. Топольнинский массив по геофизическим и геологическим данным имеет форму вытянутой в северо-западном направлении крутопадающей на юго-запад пластины, Караминский массив вытянут в субширотном направлении и имеет как пологие, так и крутые контакты. В плане контакты массивов могут иметь линейную, дугообразную или сложную форму при конформных, секущих (под острым углом) или ортогональных взаимоотношениях с породами вмещающей толщи. Весьма характерно наличие апофиз, которые, как и контакт массива, имеют в плане самые разнообразные взаимоотношения с вмещающей толщей. Как правило, при секущих и ортогональных контактах вмещающих пород с массивами и их апофизами скарновые тела имеют ограниченное распространение, малую мощность и протяженность. Для формирования тел скарнов и скарноидов значительной мощности наиболее благоприятны конформные взаимоотношения контакта с вмещающей терригенно-карбонатной толщей при значительной доле карбонатных или терригенно-карбонатных пород в составе последней. Наибольшее количество золоторудных объектов сосредоточено в области западного и юго-западного контакта Топольнинского массива (Кемровское, Баяниха, Пропаший Лог, Чертова Грива, Чертова Яма), что связано с погружением контакта массива именно в юго-западном направлении и наличием

многочисленных апофиз в этой части массива. Напротив, в области северо-восточного и восточного контакта локализовано только одно проявление – Сухая Грива.

Как следует из анализа геологического строения рудного поля, важную роль в локализации оруденения сыграли разрывные нарушения северо-западной ориентировки, принадлежащие системе региональных разрывов. В пределах месторождения Баяниха, проявлений Кемровское и Пропаший Лог вдоль контакта Топольнинского массива выделяется тектонически ослабленная зона северо-северо-западного простирания шириной около 600 м и протяженностью более 3.5 км, которая наиболее отчетливо проявлена на месторождении Баяниха (Юшко и др., 2014). Здесь она определяет ориентировку блоков, сложенных в различной степени ороговикованными и мраморизованными породами, вмещающих дайки пестрого состава, тела золотоносных скарнов, а так же зоны золото-сульфидно-кварцевой минерализации. Присутствие на месторождении Баяниха разновозрастных дайковых образований (ориентированных в северо-западном направлении) свидетельствует о неоднократной активизации тектонических нарушений этой группы (Рисунок 3). Аналогично месторождению Баяниха, зона разломов северо-западной ориентировки контролирует размещение даек «пестрого» состава, золоторудных скарноидов и золотоносных зон окварцевания и березитизации на месторождении Лог-26.

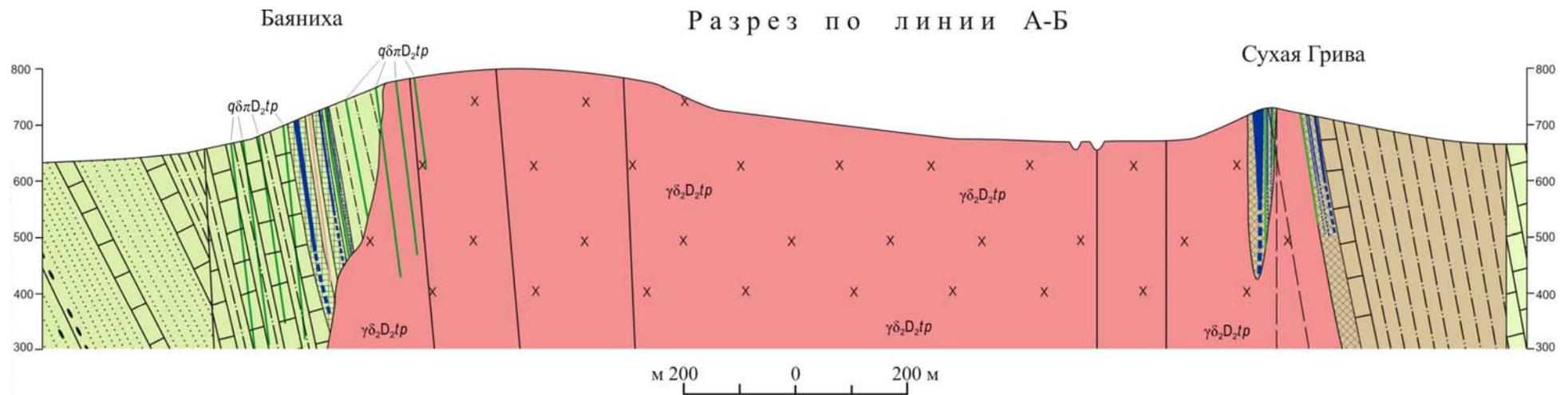
Проведенные автором исследования геологического строения рудного поля, проявлений и перспективных участков позволили выявить **две различающиеся геологические обстановки локализации золотого оруденения** в экзоконтакте массивов гранитоидов:

- в области крутопадающего контакта массивов с незначительно дислоцированной терригенно-карбонатной толщей, **осложненной отдельными разрывными нарушениями** различной ориентировки, контролирующими положение апофиз массива и отдельных даек;

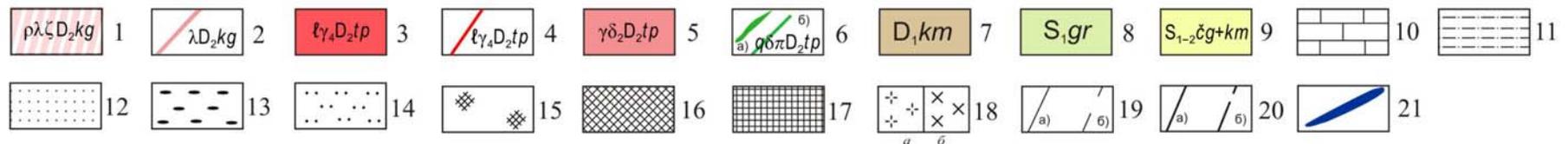
- в области крутопадающего контакта массива с интенсивно дислоцированной терригенно-карбонатной толщей, **осложненной линейными региональными разрывами** северо-западной ориентировки, контролирующими размещение многочисленных разновозрастных даек «пестрого» состава».

Этим двум геологическим обстановкам соответствуют **два типа золоторудных объектов**, различающихся по степени перспективности и вещественному составу руд. **Первый**, наименее перспективный тип и наиболее многочисленный тип, представлен золотоносными скарнами, локализованными в терригенно-карбонатных образованиях (Сухая Грива, Чертова Яма и др.). При этом золотоносные скарны залегают в области экзоконтакта интрузивных пород субсогласно с рудовмещающей толщей и (или) контактами и апофизами массивов гранитоидов (Рисунок 3). На отдельных объектах этого типа встречаются единичные маломощные и





Условные обозначения



**Куяганский комплекс** риолит-дацит-андезитовый: 1 - штоки и дайки плагиориодацитов, плагиориолитов, 2 - дайки риолитов вне масштаба; **Топольнинская ассоциация** габбро-гранодиорит-гранитовая, **четвёртая фаза** : 3- лейкограниты биотитовые, 4 - дайки лейкогранитов; **вторая фаза**: 5 - гранодиориты биотит-роговообманковые, меланограниты амфибол-биотитовые; 6 - дайки кварцевых диорит-порфиритов в масштабе (а), вне масштаба (б); 7 - **камышенская свита**: алевролиты светло-серые, зеленовато-серые песчанистые; песчаники полимиктовые; известняки светло-серые, тёмно-серые (углистые), детритовые и кремнистые, прослои гравелитов; 8 - **громотухинская серия** нерасчлененная: светло-серые, зеленовато-серые, алевролиты; полимиктовые, известковистые песчаники, белые, светло-серые известняки, прослои гравелитов; 9 - **чагырская и куймовская свиты** объединенные: хлорит-сланцевые сланцы; 10 - известняки мраморизованные серые и светло-серые; 11 - алевролиты коричневатозеленые, серовато-коричневые; 12 - песчаники полимиктовые; 13 - гравелиты; 14 - роговики; 15 - скарнированные породы; 16 - скарны пироксен-гранатовые и гранат-пироксеновые; 17-скарноиды; 18 - лейкограниты (б), гранодиориты (в), 19-геологические границы достоверные (а) и предполагаемые (б); 20-тектонические нарушения достоверные (а) и предполагаемые (б), 21 - рудные тела в масштабе.

**Рисунок 36.** Разрез через северо-западный фрагмент Топольнинского рудного поля по линии А-Б.

слабозолотоносные минерализованные зоны золото-сульфидно-кварцевого состава, которые не оказывают важного влияния на степень золотоносности этих участков. **Второй** – наиболее перспективный тип – представлен золотоносными скарнами, скарноидами и более поздними золото-сульфидно-кварцевыми минерализованными зонами, наложенными на золотоносные скарны, гранитоиды массива, дайки, роговики и алевролиты. Совмещение зон прожилково-вкрапленной минерализации золото-сульфидно-кварцевого состава с ранее сформированными золотоносными скарнами и скарноидами определяется неоднократной активизацией линейных разрывов северо-западной ориентировки.

В этой главе рассматривается геологическое строение проявлений и перспективных участков, включающее характеристику стратифицированных отложений, интрузивных и дайковых тел, скарнов, скарноидов и рудных тел.

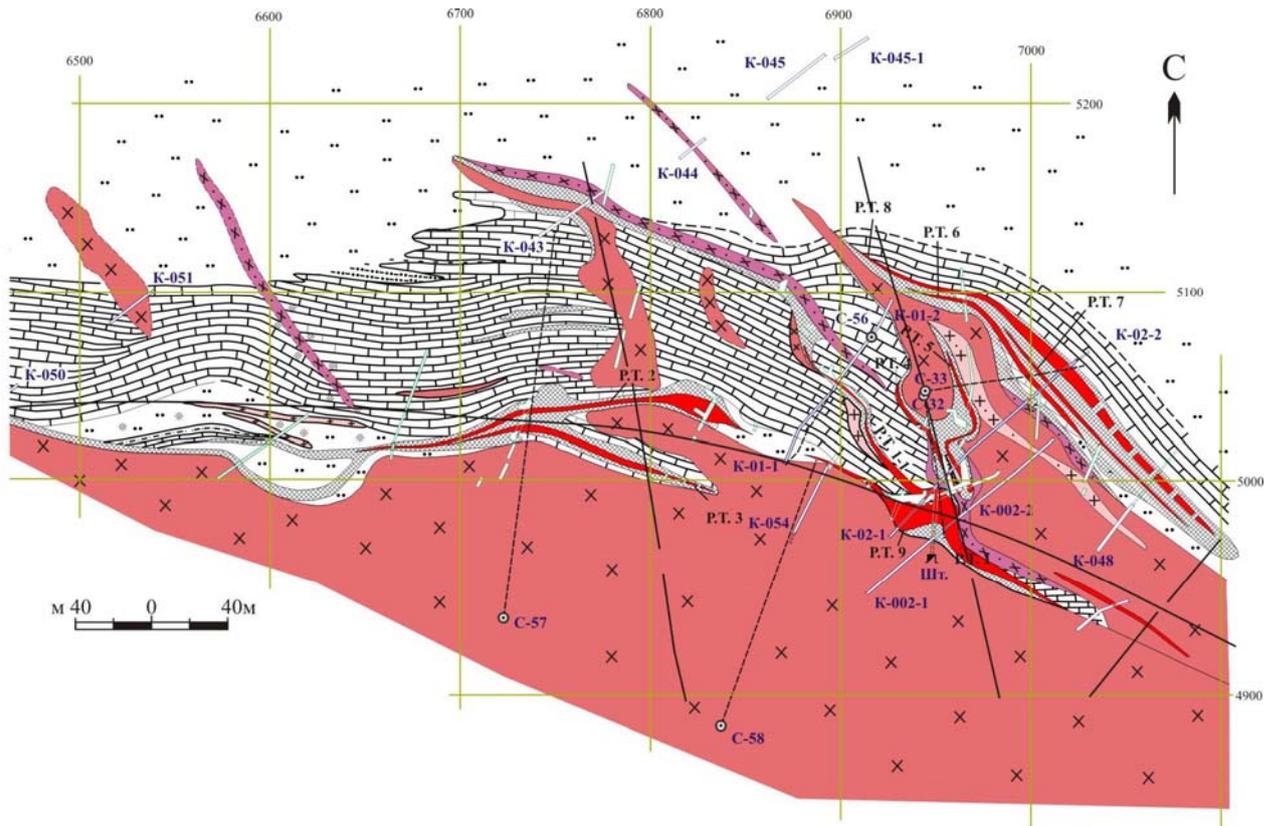
## **2.2. Геологическое строение объектов первого типа**

### **2.2.1. Геологическое строение проявления Сухая Грива**

Проявление Сухая Грива расположено в пределах одноименного Сухогривского тектонического блока, непосредственно в области северного контакта Топольнинского массива и раннедевонских терригенно-карбонатных пород камышенской свиты. (Рисунок 2).

#### *Стратифицированные отложения*

В области контакта с массивом гранитоидов в восточной части проявления расположена пачка светло-серых, в различной степени мраморизованных известняков, среди которых отмечаются маломощные прослои ороговикованных алевролитов (Рисунок 4). Роговики установлены непосредственно на контакте с гранитоидами в западной части проявления. Здесь они образуют линзы длиной около 200 м и шириной около 40 м, в которых локализованы тела гранат-пироксеновых скарнов. Простираение терригенно-карбонатной толщи совпадает с простираением контакта массива – в западной части участка субширотное, а в восточной части северо-западное; падение пород, судя по данным горных и буровых работ, крутое на север и северо-восток под углом 70-80°.

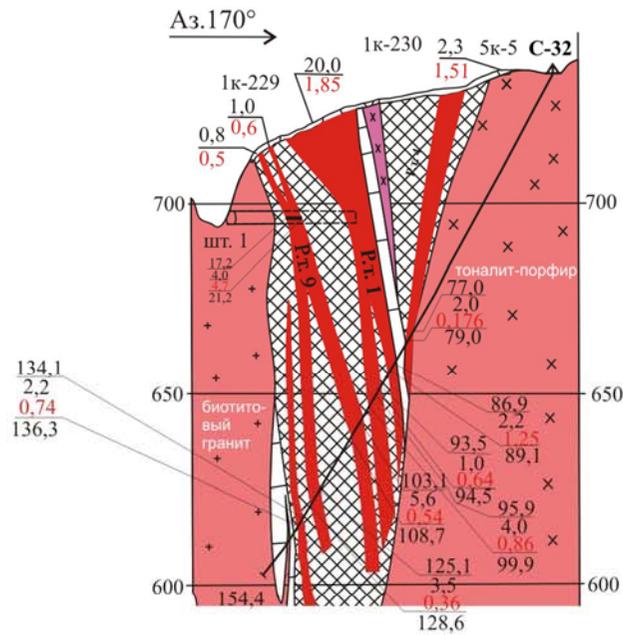


### Условные обозначения:

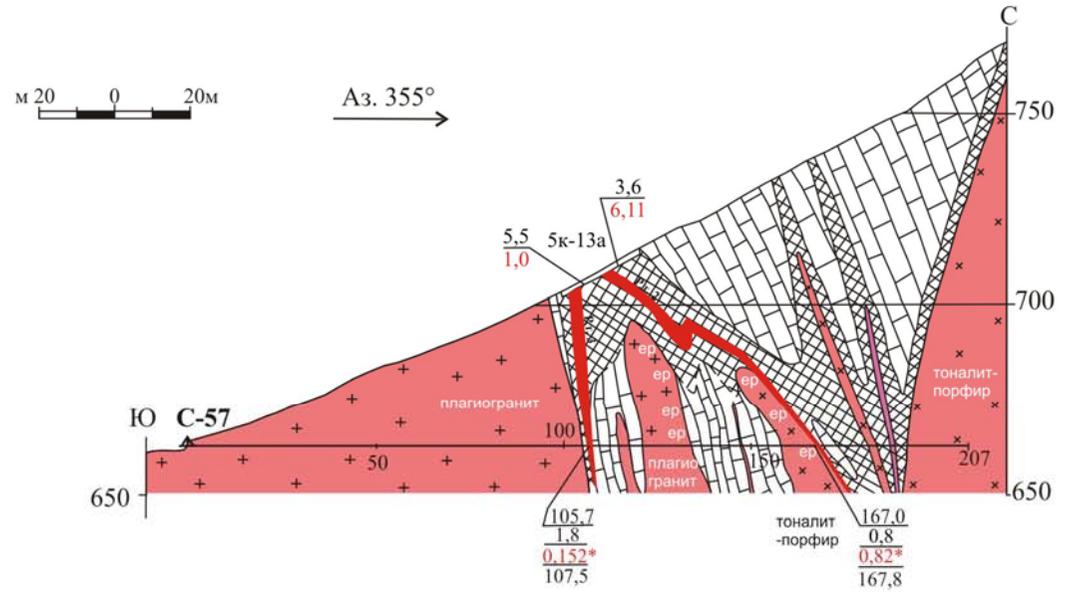
Топольнинская ассоциация габбро-гранодиорит -гранитовая (D <sub>2</sub> )		Гранодиориты, тоналиты, меланограниты
		Дайки диоритовых порфиров
		Дайки гранит-порфиров
		Алевриты ороговикованные, роговики
		Известняки мраморизованные
		Скарны клинопироксен-гранатовые, гранатовые и др.
		Скарнирование пород
		Тектонические нарушения, выявленные по результатам дешифрирования АФС (данные Н.А. Юшко, 2014)
		Рудные тела
		Канавы пройденные до 2001 г. (а), пройденные в ходе работ В.А. Рожченко (2012-2014 гг.) - (б).
	Скважины 2012-2014 гг. (Рожченко В.А., 2014).	

**Рисунок 4.** Геологический план проявления Сухая Грива в масштабе. По Рожченко и др., 2014, с изменениями и дополнениями автора.

а) геологический разрез по скв. 32



б) геологический разрез по скважине 57



**Условные обозначения:**

Топольнинская ассоциация  
габбро-гранодиорит  
-гранитовая  
(D<sub>2</sub>)

- Биотитовые меланограниты, плагиограниты
- Гранодиориты, меланограниты
- Дайки диоритовых порфиров
- Дайки гранит-порфиров
- Известняки мраморизованные

- Скарны клинопироксен-гранатовые, гранатовые и др.
- Рудные тела
- Канавы пройденные до 2001 г.
- Скважины 2012-2014 гг. (Рожченко В.А., 2014).
- Штольня, пройденная в ходе работ 1951-1956 гг. (Розен М.Ф., 1957)

**Рисунок 5.** Геологические разрезы вдоль скважин С-32 (а) и С-57 (б). Проявление Сухая Грива. По Рожченко и др., 2014, с изменениями и дополнениями автора.

### *Магматические образования*

В пределах проявления гранитоиды Топольнического массива имеют в плане неровный, извилистый, заливообразный контакт, осложненный многочисленными апофизами и сателлитами, ориентированными в северо-западном направлении (Рисунок 4). Кроме того, встречаются «слепые», не выходящие на поверхность тела (Рисунок 5). В пределах проявления контакт имеет субширотное простирание, которое в восточном направлении сменяется на северо-западное. Падение контакта субвертикальное (скважина С-32), или же юго-юго-западное под углом  $65^\circ$  (скважина С-58), или северо-северо-восточное под углом  $75^\circ$  (скважина С-57).

Детальное изучение состава гранитоидов проявления Сухая Грива, выполненное по шлифам, отобранным из горных выработок и скважин, показало, что в пределах проявления развиты образования, относимые ко второй, гранодиорит-меланогранитовой фазе становления Топольнического массива. Это биотитовые граниты, гранодиориты и тоналиты. Породы, как правило, незначительно изменены: по темноцветным минералам развивается хлорит и карбонат, по плагиоклазу – серицит, цоизит, скаполит и др. Комплекс даек «пестрого» состава представлен диоритовыми порфиритами и гранит-порфирами. Для даек характерно преимущественно северо-западное ( $300-315^\circ$ ) до субширотного ( $280^\circ$ ) простирание. По отношению к рудовмещающей толще дайки секущие, реже – субсогласные.

Состав массива неоднороден, что отчетливо видно по составу пород, вскрытых скважинами и канавами в различных частях участка. В восточной части участка непосредственно на контакте (по данным документации штольни и скважины С-33) массив сложен *биотитовыми гранитами* мелко- крупнозернистыми. По плагиоклазу развит вторичный цоизит, серицит и скаполит, биотит хлоритизирован. В центральной части участка, по данным скважины С-57, тело и ближайшие к нему апофизы сложены *биотит-роговообманковыми плагиогранитами*, а наиболее удаленные от основного тела скрытые сателлиты – *тоналитами* и *тоналит-порфирами*. По данным документации скважины С-58, тело массива сложено *гранитами-гранодиоритами*.

Апофиза в крайней восточной части участка (вскрыта скважинами С-32, С-33, Рисунок 5) на контактах с которой расположены многочисленные тела скарнов и к которой пространственно тяготеет основное оруденение участка, имеет весьма неоднородное строение. Юго-западная часть, между рудным телом 4 и рудным телом 5 сложена *клинопироксен-роговообманково-биотитовыми тоналит-порфирами*, которые ниже по разрезу сменяются *биотитовыми гранитами*. По плагиоклазу *тоналит-порфиров* развит сосюрит, по биотиту – хлорит. Северо-восточная часть, между рудным телом 5 и рудным телом 6, сложена гранодиоритами. Тоналиты и тоналит-порфиры так же слагают краевые апофизы и сателлиты западнее, в районе скважины С-57 (Рисунок 5). Сложное строение массива не позволяет

однозначно выполнить увязку разностей гранитоидов и определить в границы фациальных переходов.

По сравнению с месторождениями Баяниха, Лог-26, комплекс даек «пестрого» состава развит на участке менее интенсивно и представлен *диоритовыми порфиритами, гранит-порфирами*, в единичном случае – *сиенитами* (скважина С-33, Рисунок 5). Дайки преимущественно северо-западного простирания, (азимут простирания 300/315°), реже субширотные (гранит-порфиры, азимут простирания 280), слабо диагональные, часто субпараллельные контактам массива. По отношению к вмещающей пачке известняков дайки согласные, реже секущие. Дайки диоритовых порфиритов следует относить, ко второй фазе внедрения (Государственная геологическая карта М-45-І, 2001). Возможно, к этой же фазе следует относить и сиениты. Гранит-порфиры относятся, вероятно, к третьей фазе внедрения.

#### *Скарны и скарнированные породы*

Положение тел скарнов и в различной степени скарнированных горных пород определяет сложный каркас, образованный контактами массива гранитоидов, его апофизами и дайками. В западной части проявления тела скарнов, как правило, конформны сложно построенным апофизам гранитоидов и вмещающим толщам и имеют, как и апофизы, преимущественно северо-западное простирание. В центральной и восточной части участка они субсогласны с субширотным контактом массива. Горные и буровые работы выявили существенное изменение параметров и морфологии тел скарнов. Плиткообразные и линзообразные тела во многих случаях разделяются на ряд маломощных ветвей (Рисунок 4). В других случаях отмечается резкое увеличение их мощности (Рисунок 4). Для тел скарнов характерно падение в центральной части участка – на север под углом 35-40°, в редких случаях на юг под углом до 60°. На проявлении установлены как инфильтрационные (Рисунок 5а), так и биметасоматические разности скарнов (Рисунок 5б). Мощность тел от 2 м до 25-30 м, протяженность от 50 до 250-450 м. Изучение вещественного состава скарнов показало, что доминируют гранатовые и пироксен-гранатовые разности.

В целом, скарны тяготеют к гранитоидам повышенной основности – тоналитам, тоналит-порфирам, гранодиоритам, хотя так же устанавливаются в зоне между биотитовыми гранитами и тоналит-порфирами (Рисунок 5а). Некоторые тела скарнов на поверхности имеют бóльшую мощность, чем на глубине, и наоборот. Например, локализованное на контакте с плагиогранитами мощное скарновое тело в центральной части проявления на глубину уменьшается в мощности от 23 до 3 м. (Рисунок 5б). Большие мощности скарнов обусловлены наличием под карбонатными породами скрытого сателлита плагиогранитов. Для последних характерна эпидотизация, карбонатизация и окварцевание. В то же время, мощная зона скарнов,

вскрытая скважиной на контакте тоналитов и тоналит-порфиров (Рисунок 5б) по направлению к поверхности выклинивается. По телам тоналитов отмечается эпидотизация, карбонатизация и окварцевание.

#### *Морфология и локализация рудных тел*

Форма рудных тел определяется формой скарнов: рудные тела имеют, как правило, линзовидную или жилоподобную форму (Рисунок 4, 5). Золоторудная минерализация локализована внутри скарновых тел и не выходит за их пределы, лишь в одном случае отмечено её наложение на контакт гранатовых скарнов с кварц-биотит-кальцитовой брекчией. Рудные тела имеют тоже простирание, что и контакт гранитоидов.

Соотношения рудных тел с дайками конформные в плане и на разрезах; даек, секущих скарны или рудные тела, не установлено. Соотношение рудных тел с гранитоидами конформное, аналогично скарнам. Наиболее мощное рудное тело сложной конфигурации установлено в зоне изгиба контакта гранитоидов, внутри скарнового тела неправильной формы (Рисунок 4). По мере того, как упрощается морфология контакта, интенсивность оруденения ослабевает: в области субширотного контакта массива (западная часть участка) скарны оруденения они не несут. Вероятно, локализация наиболее значимого оруденения обусловлена сложной морфологией контакта гранитоидов и возможным наличием прогибов на глубине между кровлей массива и его апофизами (Рисунок 5а), а так же локализацией многочисленных скрытых тел на глубине, создающих благоприятную обстановку для формирования как инфильтрационных, так и биметасоматических скарнов (Рисунок 5б).

### **2.2.2. Геологическое строение проявления Чертова Яма**

Проявление Чертова Яма по многим элементам геологической обстановки локализации сходно с проявлением Сухая Грива. Оно локализован в области юго-западного контакта Топольнинского массива (Рисунок 2). Оно расположено вблизи разлома, который разделяет Баянихинский и Сухогривский блоки (Яминский надвиг). Как и на проявлении Сухая Грива, область контакта массива гранитоидов осложнена апофизами. В отличие от проявления Сухая Грива, участок сложен породами грамотухинской серии раннего силура.

#### *Стратифицированные отложения*

Осадочные породы представлены мраморизованными известняками, в различной степени ороговикованными алевролитами и роговиками при резко подчиненной роли песчаников. Примечательно, что осадочные отложения в плане как бы повторяют изгибы

контакта массива, что обусловлено их пластическими деформациями во время внедрения гранитоидов (Рисунок 6).

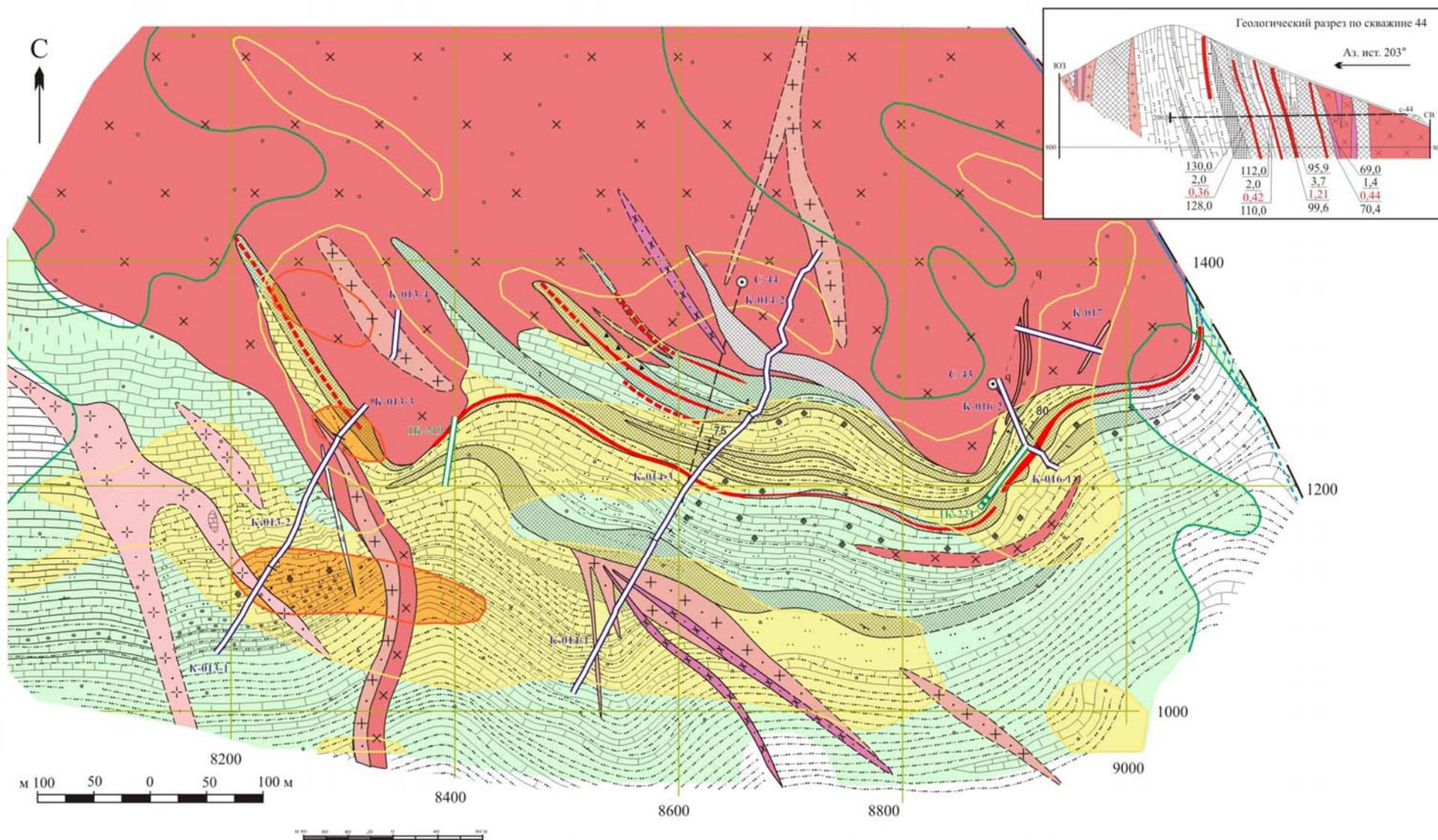
На контакте с массивом и в непосредственной близости от него преобладают мраморизованные известняки при подчиненной роли ороговикованных и известковистых алевролитов. Окраска известняков от светло-серой до серой, структура мелко-среднезернистая. Для известняков характерно скарнирование, проявленное в виде отдельных коричневато-розоватых линзочек и извилистых полос невыдержанной мощности от 1 до 3 см, сложенных гранатом. Простираение полос и линз субпараллельное контакту массива. Полосы и линзы нередко сливаются и образуют зонки мощностью до 30 см. В целом, процесс скарнирования проявлен очень неравномерно, то есть количество новообразованного граната может меняться от 10 до 70%, составляя в среднем 30%. Реже на контакте с гранитоидами наблюдаются скарнированные и пропилитизированные светло-серые голубоватые известковистые алевролиты. Мощность карбонатной пачки, содержащей редкие горизонты и пласты известковистых алевролитов, оставляет около 200-250 м. Для алевролитов характерна темно-серая, коричневатая до черной окраска. В западной части участка в приконтактной зоне наблюдается переслаивание мраморизованных известняков, часто превращенных в мрамора, с ороговикованными алевролитами, при мощности слоев 2-15 см. Сульфидная вкрапленность в терригенных и карбонатных породах представлена пиритом и наблюдается весьма редко, в количестве не более 1%.

Простираение толщ меняется в зависимости от положения контакта: в западной части простираение северо-западное – юго-восточное ( $150/330^\circ$ ), в центральной части участка субширотное – ( $105/335^\circ$ ), в восточной – северо-восточно – юго-западное,  $55/235^\circ$  (Рисунок 6).

В центральной и восточной части проявления падение толщ субвертикальное, в восточной части – северо-западное, «под массив», под углом  $80-85^\circ$ . В канавах фиксируются немногочисленные складки низших порядков. В восточной части участка по данным геологических маршрутов предполагается замыкание крупной складчатой структуры (Рисунок 6).

#### *Магматические образования*

В пределах проявления контакт массива гранитоидов ориентирован субсогласно с простираением терригенно-карбонатной толщей, но осложнен многочисленными (не всегда отчетливо выраженными) выступами и единичной апофизой, расположенной в его западной части. Падение контакта субвертикальное в центральной проявления, в восточной части – северо-западное (под массив) под углом  $70^\circ$ . В плане контакт плавный, иногда заливообразный, осложнен апофизой в западной части проявления (Рисунок 6).



**Рисунок 6.** Геологический план проявления Чертова Яма с геохимической нагрузкой. По Рожченко и др., 2014; с изменениями и дополнениями автора.

## Условные обозначения

	переслаивание известняков и ороговикованных алевролитов, роговиков
	алевролиты ороговикованные
	а) - известняки мраморизованные, б) - известняки детритовые
	роговики
	скарны эпидот-пироксен-гранатовые, эпидот-гранат-пироксен-кальцитовые.
	скарноиды эпидот-кальцит-пироксен-гранатовый (на разрезе)
	скарнирование пород
	дайки диоритовых порфиритов
	диориты Топольнинского массива
	гранит-порфиры
	лейкогранит-порфиры
	канавы, пройденные в ходе работ В.С. Рузаева (1996-2001 гг.)
	горные выработки, пройденные в 2012-2014 гг. (работы Рожченко В.А.): а) - канавы, б) скважины
	рудные тела
	точки отбора литохимических проб (сеть 100x20 м, по данным В.А. Рожченко, 2014)
	вторичные ореолы рассеяния золота: а) более 0.1 г/т, б) 0.01-0.09 г/т, в) 0.004-0.009 г/т. Линиями показаны ореолы в надинтрузивной области.

## Условные обозначения к Рисунку 6.

В области контакта породы массива представлены преимущественно зеленовато-серыми и серыми гранодиоритами, а так же габбро-диоритами. Текстура гранодиоритов массивная и порфировидная, структура мелко-среднезернистая, участками до крупнозернистой. Темноцветные минералы представлены биотитом и роговой обманкой в количестве около 20%, на долю кварца приходится 30-35%, полевые шпаты составляют около 45-50%. Породы, особенно вблизи контакта со скарнами, интенсивно эпидотизированы, слабо хлоритизированы и окварцеваны. Эпидот образует зерна размером до 2 мм, рассеянные в объеме породы, а так же входит в состав редких эпидот-хлоритовых прожилков мощностью до 1-2 мм. Кварцевые прожилки редки. Морфология прожилков – извилистая, ветвящаяся. Сульфидная вкрапленность, представлена единичными зернами пирита, наблюдается редко.

Иногда в гранитоидах отмечается переход от гранодиоритов к габбродиоритам (скважина С-44), что выражено в увеличении темноцветных минералов (роговая обманка,

биотит, пироксен) до 40-50%. В породах наблюдается неравномерное распределение эпидота с образованием маломощных зон эпидотизации. Наблюдается уменьшение зернистости пород к контактам со скарнами до мелкозернистого состояния.

Апофиза в западной части участка имеет северо-западное простирание, мощность от 40 до 100 м. По отношению к простиранию толщи она ориентирована вкрест, сложена гранодиоритами, краевая северо-западная часть – гранит-порфирами.

Дайки, в отличие от месторождений Баяниха и Лог-26, менее многочисленны, и резко отличаются составом. Наиболее широко распространены тела гранит-порфиров, мощность которых изменяется от нескольких метров до 30 м при протяженности до 200 м, простирание тел главным образом северо-западное. Гранит-порфиры представляют собой светло-серые породы, сложенные кварцем, КППШ и плагиоклазом примерно в равных количествах, цветные минералы представлены биотитом и роговой обманкой, которые в сумме образуют около 15% объема породы. Породы имеют мелко-среднезернистую структуру и порфировидный облик, порфировидные выделения представлены КППШ или кварцем. Иногда породы эпидотизированы, количество эпидота не превышает 5-7%.

В юго-западной части проявления зафиксирована дайка лейкогранит-порфиров сложной морфологии. Породы имеют мелкозернистую структуру, светло-зеленую окраску, порфировидные выделения представлены кварцем и плагиоклазом в количестве около 10%, и единичными листочками биотита. Морфология тела сложная: основное тело слабоудлиненной в северо-западном направлении формы, с ответвлениями в северо-западном, юго-юго-восточном и юго-восточном направлениях протяженностью 100-200 м. Породы содержат ксенолиты мраморизованных известняков. Реже встречаются дайки диоритовых порфиритов так же северо-западного простирания.

#### *Скарны и скарнированные породы*

Скарны и скарнированные породы имеют достаточно широкое распространение на проявлении Чертова Яма. Форма тел – линзообразная и пластообразная, протяженность от 400 до 650 м при мощности от первых метров до 45 м. Мощность скарнов зависит от характера контакта гранитоидов: в центральной части участка, где контакт субвертикальный, фиксируется наибольшая мощность тел, до 45 м. В восточном направлении, где по данным бурения (скважина С-43) установлено северо-западное падение контакта под массив, максимальная мощность скарновых тел составляет 20 м. Линзы и пластообразные тела часто имеют раздувы и пережимы. Для некоторых тел характерны ответвления. Все линзы и пласты находятся не далее 200 м от массива. Форма тел и их положение подчиняются контакту массива и осадочной толщи: они субсогласны с простиранием контакта массива и простиранием осадных пород, с

запада на восток меняют простирание с северо-западного ( $145/325^\circ$ ) до субширотного ( $105/285^\circ$ ) и северо-восточного ( $55/235^\circ$ ).

Скарны имеют как биметасоматическое происхождение, залегая на контакте с гранодиоритами и габбро-диоритами массива, так и инфильтрационное, залегая среди карбонатно-терригенных пород. Одно из тел локализовано среди гранодиоритов массива.

Возможно, широкое развитие скарнов в пределах проявления по сравнению с проявлением Сухая Грива связано с составом пород массива. На проявлении Чертова Яма доля магматических пород повышенной основности больше, чем на проявлении Сухая Грива: наряду с гранодиоритами здесь существенное распространение имеют габбро-диориты.

Главные скарновые минералы – клинопироксен и гранат, так же присутствует эпидот и кальцит, количество которых может сильно меняться. В единичных случаях отмечается волластонит в качестве второстепенного минерала. На проявлении встречаются эпидот-клинопироксен-гранатовые, клинопироксен-эпидот-гранатовые, клинопироксен-гранатовые, кальцит-гранат-клинопироксеновые скарны. Разрез, характеризующий расположения скарнов относительно контакта, вскрыт скважиной С-44.

Тело скарнов мощностью 12.7 м, зафиксированное внутри массива гранодиоритов, имеет пироксен-эпидот-гранатовый состав, тонко-среднезернистую структуру, массивную до пятнистой и полосчатой текстуру. Окраска пород желтовато-зеленая, серовато-зеленая до розоватой. Сульфидная минерализация убогая, представлена редкими мелкими зернами пирита. Отмечаются редкие карбонат-кварцевые прожилки мощностью до 1-2 мм. Поскольку в области контакта породы дезинтегрированы до дресвы, характер приконтактных изменений не совсем ясен. Строение участка и особенности локализации скарнов наиболее наглядно демонстрируются на разрезе через центральную часть участка (разрез по скважине С-44, Рисунок 6).

Непосредственно на контакте с массивом расположено тело пироксен-эпидот-гранатовых скарнов мощностью 45 м. В целом, по составу и текстурно-структурным характеристикам эти породы сходны с вышеописанным. Породы имеют неоднородную зеленовато-желтую, розовато-серую, зеленовато-серую окраску, обусловленную неравномерностью распределения граната, клинопироксена, кальцита и эпидота. Отмечаются редкие прослойки пропилитизированных известковистых алевролитов голубовато-зеленого цвета. Полосы с серой окраской характеризуются преобладанием кальцита. Структура от тонкозернистой до среднезернистой. Наблюдаются редкие зоны мощностью от 5 до 20-30 см, нацело сложенные мелкозернистым эпидотом. Характерно, что количество кальцита при удалении от контакта с массивом постепенно возрастает до образования отдельных

маломощных, 2-5 см, прослоев серых мраморов. В целом, какой-либо явной зональности в строении этого тела, несмотря на большую мощность не наблюдается.

Описанное выше тело скарнов в южном направлении сменяется чередованием скарнов гранат-клинопироксен-эпидот-кальцитового состава с мраморизованными известняками (мраморами) общей мощностью 14.5 м. Мощность отдельных прослоев скарнов – 10-15 см, мраморизованных известняков – до 12 см. Жильная минерализация представлена единичными прожилками кварц-кальцитового состава мощностью до 5 мм, рудная минерализация представлена редкими зернами пирита.

Следующее тело мощностью 31.8 м представлено скарноидами эпидот-кальцит-клинопироксен-гранатового состава предположительно по мергелям или известковистым алевролитам с прослоями мраморизованных известняков. Скарноиды сменяются слабо скарнированными мраморизованными известняками и ороговикowanными темно-коричневыми, сероватыми алевролитами.

Таким образом, при удалении от интрузивного контакта интенсивность скарнирования ослабевает, постепенно увеличивается количество кальцита в виде полос и линз, неравномерность и неоднородность скарнирования так же возрастает.

Самое удаленное от контакта пластообразное тело скарнов мощностью 35 м, представлено кальцит-гранат-пироксеновыми, гранат-пироксеновыми и пироксен-гранатовыми скарнами с прослоями пропицитизированных голубовато-зеленоватых мергелей (известковистых алевролитов?) и светло-серых мраморизованных известняков. Собственно скарны имеют зеленовато-серую и розовато-коричневую окраску, структура изменяется от мелко- до среднезернистой. Вероятно, на образование столь мощного тела на значительном удалении от массива оказала влияние близость дайки (или сателлита?) гранит-порфиров.

В западной части проявления наблюдается скарнирование ороговикowanных алевролитов и мраморизованных известняков вблизи одного из контактов дайки лейкогранит-порфиров. Новообразованный гранат развит вдоль трещин, так же фиксируются эпидот-кальцитовые прожилки, ориентированные вкрест контакту с дайкой. Наиболее интенсивно скарнированы породы непосредственно на контакте, в пределах 1 м. Мощность скарнированных пород – 11 м, по трещинам иногда наблюдаются налеты малахита.

Характерно, что в скарнах различных типов сульфидная минерализация крайне убогая и представлена единичной вкрапленностью пирита. Прожилковая минерализация представлена редкими кварц-карбонатными прожилками мощностью до 5 мм.

#### *Морфология и локализация рудных тел*

Несмотря на значительную мощность скарновых тел и их большую протяженность по

сравнению с проявлением Сухая Грива, на проявлении Чертова Яма выявлено лишь несколько значимых пересечений с повышенными содержаниями золота 5.12 до г/т. Поскольку горными выработками вскрыты немногочисленные пересечения, расстояние между которыми составляет около 250-270 м, то выполнить увязку выявленных золоторудных интервалов между канавами и скважинами невозможно. Поэтому золотое оруденение будет охарактеризовано по отдельным пересечениям.

Все выявленные пересечения располагаются в непосредственной близости от массива, на расстоянии не далее 100 м. Основная часть наиболее значимых пересечений с повышенными содержаниями золота локализуется в пределах скарновых тел и скарнированных пород. Единственное пересечение в гранит-порфирах выявлено в краевой части массива (1.2 г/т на 1 м, канава 1к-224, (Рузаев, 2002ф)).

Основное количество значимых пересечений с повышенными содержаниями золота от 0.36 до 5.12 г/т выявлено в центральной части проявления. Одно из них (5.12 г/т на 1 м) локализовано в скарнированных (на 30%) мраморизованных ср/з известняках. Породы имеют светло-серую до белой окраску, содержат полосы и пятна розовато-коричневого цвета, сложенные гранатом и голубовато-зеленые полосы (вероятно, пропицитизированные мергелями известковистые алевролиты). Сульфидная вкрапленность и жильная минерализация практически не проявлены, встречены лишь единичные нитевидные прожилки хлорита. Рудный интервал визуально не отличается от соседних безрудных мраморизованных скарнированных известняков.

Таким образом, в распределении золотоносных интервалов внутри скарновых тел не обнаруживается каких-либо закономерностей, ни по составу скарнов, ни по их текстурно-структурным особенностям. В золоторудных пересечениях с содержаниями золота до 5.12 г/т, как и в аналогичных по составу безрудных породах, не наблюдается значимой сульфидной вкрапленности и жильно-прожилковой минерализации.

### **2.2.3. Геологическое строение проявления Чертова Грива**

Проявлени Чертова Грива по своей геолого-структурной позиции сходно с проявлением Сухая Грива и Чертова Яма. Оно локализовано в юго-восточной области контакта Топольнинского массива с карбонатными отложениями громотухинской серии ордовика-силура, между участками Чертова Яма и Пропаций Лог в пределах Баянихинского тектонического блока (Рисунок 2). В пределах проявления при дешифрировании АФС были выявлены разрывные нарушения северо-западного простирания, которые прослеживаются от

проявления Баяниха через участок Пропаший Лог до описываемого участка.

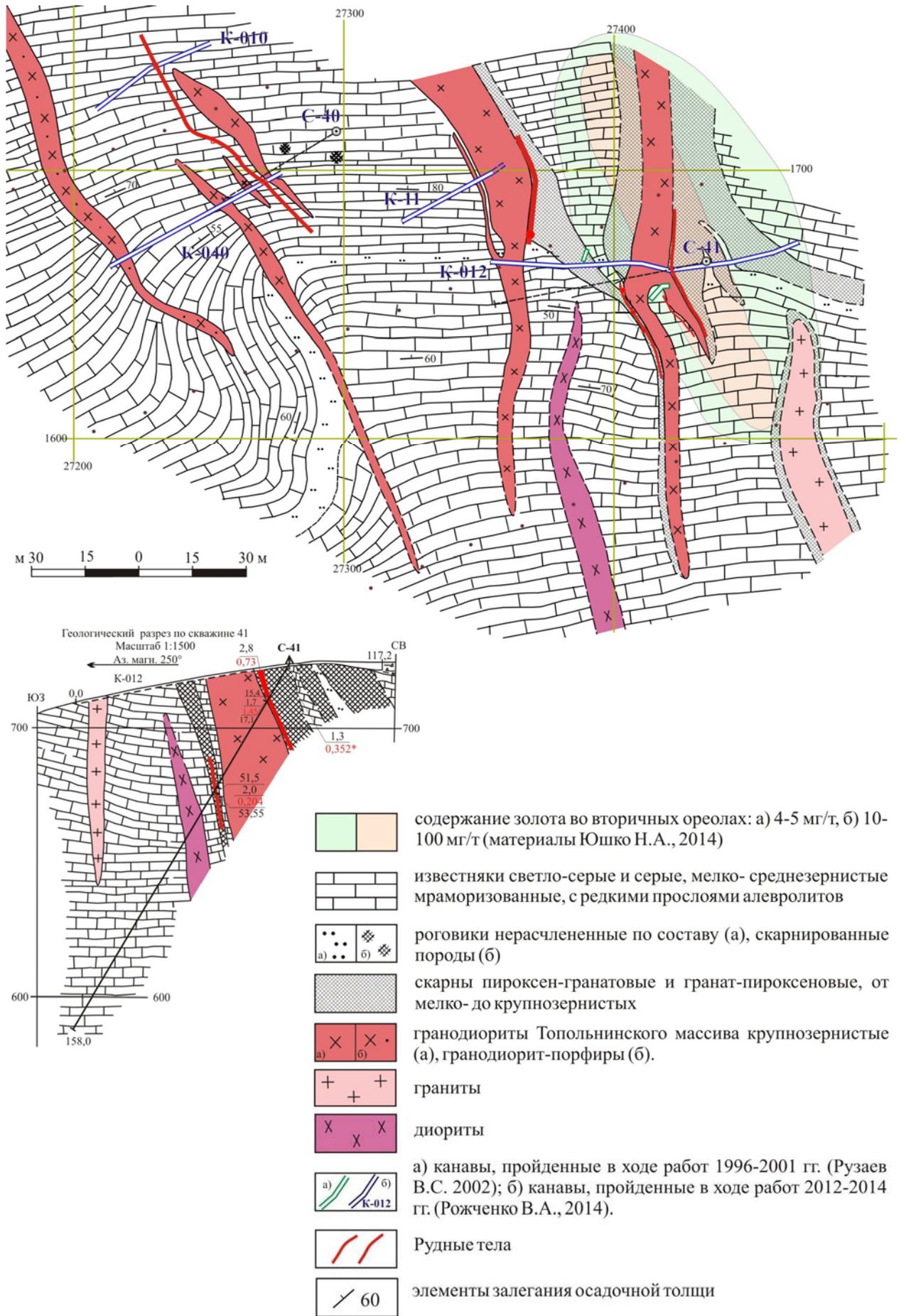
Как на проявлениях Чертова Яма и Сухая Грива, область контакта осложнена апофизами гранитоидов массива (Рисунок 7).

#### *Стратифицированные отложения*

Среди осадочных пород на проявлении резко преобладают известняки, в незначительном количестве встречаются ороговикованные алевролиты, крайне редко в известняках отмечаются маломощные прослои песчаников. Карбонатные породы почти везде интенсивно мраморизованы, а в приконтактных с магматическими породами областях превращены в мраморы. Породы имеют светло-серую до почти белой окраску. Они часто содержат прослои и пятна темно-серых, коричневатых-серых ороговикованных алевролитов, иногда пропицитизированных известковистых алевролитов светло-зеленой окраски. Прослои алевролитов характерны для западной части участка. Текстура известняков массивная, чаще полосчатая, причем полосчатость подчеркивается чередованием с ороговикованными алевролитами, мощность прослоев которых колеблется от 0.5 до 5 см. В некоторых случаях ороговикованные алевролиты слагают в известняках прослои мощностью до 30 см.

Мраморизованные известняки имеют мелкозернистую структуру, мрамора – средне-крупнозернистую. Эти породы часто скарнированы, минералы скарнов представлены пироксеном и гранатом, которые слагают отдельные полосы и линзы. Интенсивность скарнирования может достигать 30%. Редко светло-серые известняки имеют зеленоватый оттенок, вероятно, за счет примеси глинистого вещества, по которому в ходе метасоматоза развивается пропицитовая ассоциация минералов, которая и дает породам зеленоватый цвет.

Сульфидная минерализация проявлена ограниченно, она представлена разрозненными мелкими зернами, реже – его сгущениями пирита. Количество пирита не превышает 1%.



**Рисунок 7.** Геологический план проявления Чертова Грива с геохимической нагрузкой. По Рожченко и др., 2014; с изменениями и дополнениями автора.

Жильно-прожилковая минерализация проявлена неравномерно, представлена редкими карбонат-кварцевыми короткими прожилками мощностью до 3 мм. В единичных случаях отмечаются кварцевые прожилки мощностью до 10 см.

Простираие пород главным образом широтное, в западной части участка карбонатная пачка меняет простираие до восток-северо-восточного – запад-юго-западного ( $73/253^\circ$ ). Падение толщи субвертикальное.

#### *Магматические образования*

Непосредственно контакт карбонатной толщи с гранитоидами находится на севере проявления под мощным покровом четвертичных отложений, поэтому состав пород в этой части массива неизвестен. Контакт массива осложнен апофизами субмеридионального простираия, ориентированными под прямым углом к карбонатной толще.

На восточном фланге проявления горными выработками и скважинами вскрыто 3 дайкоподобные апофизы. Мощность апофиз изменяется от 9 до 34 м при предполагаемой протяженности около 50-100 м. Простираие тел субмеридиональное, аз. пр.  $175/355^\circ$ , падение крутое на восток, под углами  $70-80^\circ$  (Рисунок 7).

Крайнее восточное тело мощностью 15.7 м, вскрытое канавой К-012 и скважиной С-41 представляет наибольший интерес. Породы представлены светло-серыми, зеленоватыми крупнозернистыми гранодиоритами, сложенными на 10-20% темноцветными минералами, на 20-25% кварцем и 55-60% полевыми шпатами. В породах отмечаются редкие кварцевые и карбонатные прожилки мощностью 1-3 мм. Вкрапленность пирита редкая, достигает 1%. Над висячим боком расположена зона терргенно-карбонатных пород мощностью 40 м, насыщенных телами скарнов мощностью 1-2 до 3-4 м. В лежащем боку мощность скарнов составляет всего 3.2 м (Рисунок 7).

Центральное тело мощностью 11.6 м, вскрытое скважиной С-41, имеет диорит-гранодиоритовый состав. Цветной минерал представлен роговой обманкой в количестве 20-25%, полевой шпат и кварц составляют в сумме 75-80%. Структура среднезернистая, текстура массивная. Вмещающие породы – мраморизованные светло-серые известняки. Вблизи контактов магматические породы эпидотизированы. Контакт резкий, без переходов. Скарнирование известняков на контакте с гранодиоритами не наблюдается (Рисунок 7). Крайнее западное тело, вскрытое только канавой К-012, имеет мощность 9.2 м и сложено диоритами, которые на контакте с вмещающими известняками превращены в диорит-порфириды. Скарнирование пород на контакте с этими породами проявлено неравномерно. Гранодиориты и диориты, согласно легенде (Государственная геологическая карта М-45-1,

2001) относятся ко второй фазе становления Топольнинского массива. В юго-восточном фланге участка предполагается сателлит массива, сложенный гранитами (Рисунок 7).

На западном фланге проявления канавой К-40 зафиксированы 4 интрузивных тела, сложенные гранодиоритами и гранодиорит-порфирами мощностью от 1 до 6.1 м. Судя по мощности и составу, тела, вероятно, не являются апофизами массива, а представляют собой самостоятельные дайки. Контакты с вмещающими породами, как правило, четкие, практически без скарнирования последних (Рисунок 7).

#### *Скарны и скарнированные породы*

Скарны и скарнированные породы распространены в восточной части участка и тяготеют к апофизам массива. Наиболее значимая скарновая зона вскрыта скважиной С-41 и канавой К-12 над висячим боком крайней восточной апофизы гранодиоритов. Она сложена чередованием скарновых тел мощностью 1-4 м с известняками и ороговикowanными алевролитами. Общая мощность зоны составляет 40 м при суммарной мощности скарнов 28 м. Скарны в лежащем боку интрузивного тела и других апофиз имеют меньшее распространение (Рисунок 7).

Морфология тел, исходя из имеющихся данных – линзо- и жиллообразная, предполагаемая протяженность – до 100-120 м, простирание субмеридиональное, согласное с простиранием апофиз.

Среди скарнов встречаются гранат-пироксеновые, пироксен-гранатовые, пироксеновые, гранатовые, эпидот-пироксен-кальцитовые, кальцит-пироксеновые, пироксен-эпидотовые и гранат-эпидот-кальцитовые разности. Какой-либо зональности в распространении разностей пород не обнаруживается. Предшественниками на контакте с апофизами установлены амфиболовые (актинолитовые) метасоматиты, а в скарнах на границе с мраморизованными известняками отмечается везувиан (Рузаев, 2002ф).

Гранатовые и пироксен-гранатовые разности имеют розовато-коричневую, зеленовато-розовато-коричневую, иногда бордовую окраску. Породы с преобладанием эпидота и клинопироксена – серо-зеленую, серо-зеленую с коричневатым оттенком окраску, породы с преобладанием кальцита окрашены в серый цвет с зеленоватым оттенком. Текстура пород изменяется от массивной до полосчатой и пятнистой, причем полосы во многих случаях сложены гранатом. В метасоматитах часто наблюдаются полосы ороговикowanных алевролитов, на долю которых приходится до 10% объема пород. Структура метасоматитов от скрытозернистой, до мелко- и среднезернистой. Зернистость увеличивается к области контакта пород с гранодиоритами. Сульфидная вкрапленность убогая, представлена в основном пиритом, количество которого не превышает 1%. В скважине С-41 в приконтактной с апофизами области в скарнах отмечена редкая вкрапленность молибденита. Карбонат-кварцевые прожилки

распространены неравномерно, имеют мощность до 2-3 мм и не превышают 3-5%.

### *Морфология и локализация рудных тел*

По результатам проведенных в разные годы горных работ (Рузаев, 2002ф, Рожченко, 2014ф) по горным выработкам получены лишь отдельные рудные пересечения, поэтому говорить о рудных телах и их морфологии затруднительно. Вероятно, что морфология предполагаемых тел будет подчиняться простиранию скарнов и апофиз массива, имеющих субмеридиональное простирание.

Практически все выявленные пересечения с относительно повышенными содержаниями золота фиксируются в скарнах из восточной части участка. Значимые пересечения локализуются в непосредственной близости от контакта с гранодиоритами и диоритами (Рисунок 7). Одно рудное пересечение с содержанием золота 1.44 г/т, приуроченное к окварцеванным эпидот-гранат-пироксеновым скарнам, мощностью 1.3 м, выявлено канавой К-10 и прослежено канавой К-40. Количество прожилков кварца мощностью от долей мм до 3-4 см, составляет 7-10% объема породы. Канавой К-40 к юго-востоку от описанного пересечения, вскрыты кварцевые диориты с прожилками кварц-карбонатного состава мощностью 1-5 мм в количестве 3-5%. В пробе длиной 2.0 м установлено содержание золота 0.62 г/т по спектрохимическому анализу.

В целом, содержания золота по отдельным пробам, с учетом данных предшественников, по данным пробирного и атомно-абсорбционного анализа изменяется от 0.3 до 3-4 г/т. (Рузаев, 2002ф, Рожченко, 2014ф). Как и на многих других участках, визуальнo рудные интервалы не отличаются от безрудных. Только в приконтактовых с гранодиоритами скарнах (С-41) отмечается вкрапленность молибденита. При минералогическом анализе шлихов золотосодержащих проб кроме единичных пылевидных знаков золота были установлены пирит, арсенопирит, халькопирит, шеелит, а так же минералы теллура – тетрадимит, висмутин, бисмутит в виде единичных знаков (Рузаев, 2002ф).

## **2.2.4. Геологическое строение проявления Рыбный Лог-1**

Проявление расположено в пределах Степного тектонического блока, в области северо-западного контакта Караминского массива. Южная часть проявления сложена породами массива, а северная – раннедевонскими отложениями камышенской свиты. Западной границей

проявления служит Рыбный разлом, отделяющий отложения полатинской свиты раннего силура от раннедевонских отложений камышенской свиты. Размеры объекта 280x380 м. По геолого-структурной позиции оно сходно с проявлением Сухая Грива (Рисунок 2).

В качестве перспективного объект был выявлен в ходе работ 1951-1956 гг. В ходе поисков здесь были обнаружены «скарны с медной зеленью» (Розен, 1957), что и послужило основанием для проходки здесь серии канав. В одной канаве были вскрыты золотоносные скарны мощностью 5 м при содержании золота по пробам 5-9 г/т. Полученные положительные данные послужили основанием для проходки штолен, которые так же вскрыли тела скарнов, однако значимых содержаний здесь получено не было. Позднее, при проведении контрольных анализов, высокие содержания золота не подтвердились.

В ходе работ поисковых работ 1996-2000 гг. (Рузаев и др., 2002) на объекте были выполнены ревизионные работы, заново вскрыты выявленные ранее рудные интервалы в канавах, передокументированы и переопробованы штольни №1 и №2. По результатам работ подтвердилась слабая золотоносность объекта, содержания золота по отдельным пробам не превышали 0.8 г/т. В 2012-2014 гг. на объекте горные и буровые работы не проводились.

Таким образом, исследователями разных лет (Розен, 1957, Рузаев и др., 2002, Рожченко и др., 2014) обосновывается весьма слабая золотоносность скарнов описываемого проявления. Учитывая полученные результаты, а так же плотность горных выработок (на наиболее перспективном восточном фланге объекта канавы пройдены в среднем через 15-20 м), перспектив обнаружения значимого оруденения не предвидится.

По данным А. И. Гусева к западу от проявления зафиксированы три субпараллельные золотоносные зоны березитизации среди песчаников, мощностью до 12 м и протяженностью до 120 м. Песчаники подвержены окварцеванию и серецитизации, содержат тонкую вкрапленность пирита, галенита и арсенопирита. В одной из зон жила кварца мощностью 0.5-0.8 м содержит золото в количестве 1.5 г/т, содержание золота в березитах составляет 0.5-0.8 г/т. Автор указывает, что зоны окварцевания, сопровождающиеся березитами, отмечены так же в правом борту р. Карама (Гусев, 2013).

Учитывая детальность изученности объекта горными выработками, важно рассмотреть детали его строения и объяснить локализацию золотого оруденения в скарнах и за их пределами.

#### *Стратифицированные отложения*

На площади проявления резко преобладают терригенные отложения при подчиненной роли карбонатных. По данным В. С. Рузаева (Рузаев и др., 2002) площадь объекта сложена интенсивно ороговикованными песчано-глинистыми отложениями, в том числе известковистыми алевролитами и глинистыми сланцами. Отдельные литологические разности

пород образуют пласты, линзы мощностью от 3 до 40 м и более. Известняки слагают отдельные линзы мощностью от 3 до 15-17 м, как правило мраморизованы или превращены в мрамора. Как правило, пласты карбонатных пород скарнированы или полностью превращены в скарны (Рисунок 8). Известковистые алевролиты так же подвержены скарнированию.

Простираие осадочной толщи в восточной части проявления субмеридианальное, в западном направлении меняется на северо-восток – юго-западное, с простираием толщи по азимуту 30-210°.

#### *Магматические образования*

Контакт массива с осадочной толщей находится в южной части проявления. Форма контакта сложная, извилистая, заливообразная. В целом, контакт массива ориентирован вкрест простираия толщи. Как и на проявлении Сухая Грива, массив подковообразно окружает фрагмент осадочной толщи. Состав пород массива – гранодиориты и плагиограниты (вскрыт штольной №2).

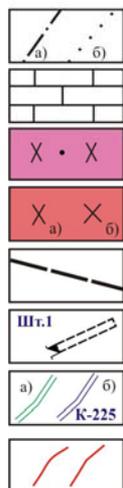
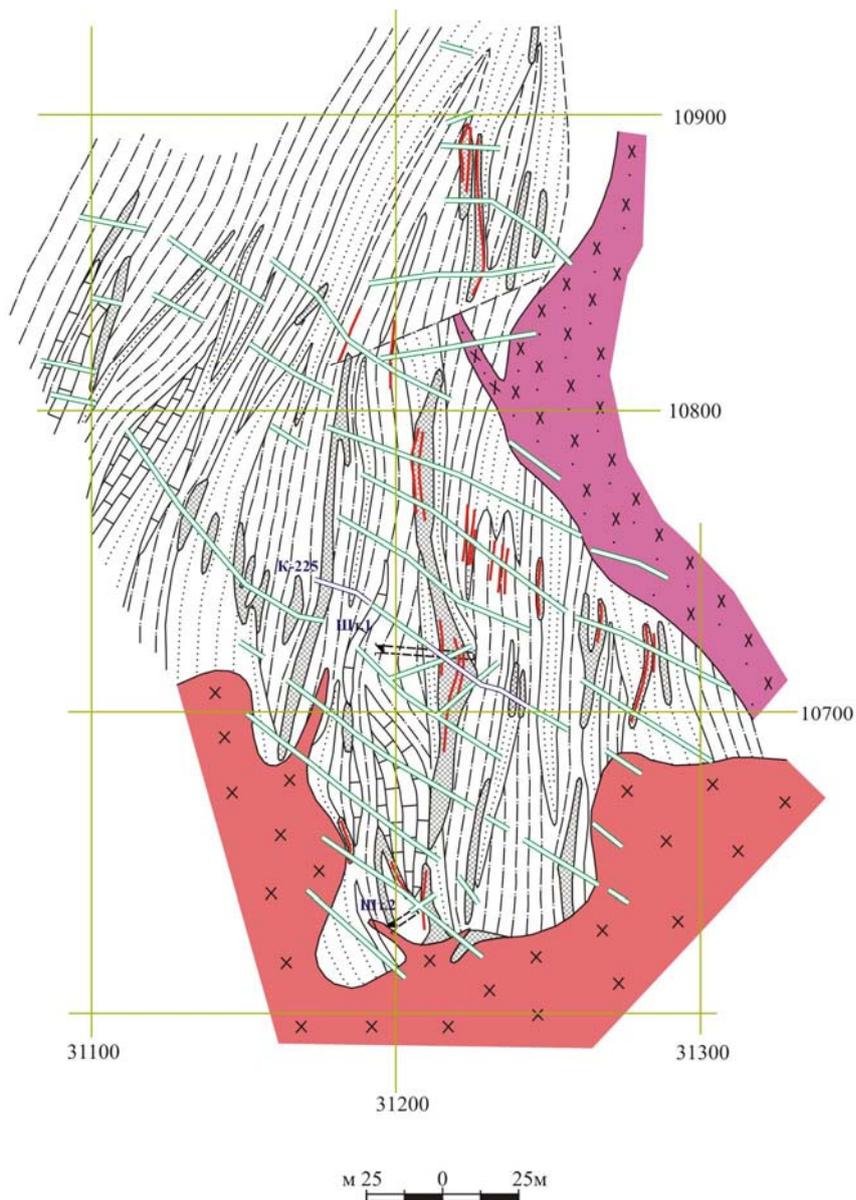
С востока участок ограничен дайкой (апофизой?) диоритового состава, залегающей субсогласно с осадочной толщей. Прослеженная мощность тела – 20 м, протяженность – 170 м. Из имеющихся данных не совсем ясно, является ли это тело самостоятельной дайкой или апофизом массива.

#### *Скарны и скарнированные породы*

Скарны и скарнированные породы слагают линзы мощностью 2-3 м при протяженности 15-20 и пластообразные тела мощностью до 10 м при протяженности до 100-180 м. Они локализованы, главным образом в южной части проявления, пространственно тяготея к приконтактной зоне массива и «заливу» контакта. Простираие тел субмеридианальное и северо-восток – юго-западное, полностью согласное с простираием осадочной толщи и ориентированное вкрест контакту. Впрочем, скарны локально развиты и непосредственно на контакте с массивом, подчиняясь при этом его пространственной ориентировке (Рисунок 8).

Скарны имеют гранатовый, пироксеновый, везувиан-кальцит-эпидот-пироксен-гранатовый состав. М. Ф. Розеном (Розен, 1957ф) так же описаны гранат-кальцитовые скарны, которые правильней называть скарнированными мраморизованными известняками. Кроме этого, в скарнах встречается плагиоклаз и роговая обманка. Наиболее значимое скарновое тело мощностью 10 м и протяженностью около 180 м вблизи контакта изучено вблизи контакта с массивом штольной №2 и канавами, а в центральной части – штольной №1 и несколькими канавами разных лет.

Установлено, что вблизи контакта тело имеет гранатовый и пироксеновый состав, а в центральной части везувиан-кальцит-эпидот-пироксен-гранатовый состав (Рузаев, 2002ф). Вблизи контакта метасоматиты содержат вкрапленность галенита, халькозина, халькопирита.



а) - алевриты темно-серые, нередко ороговикованные, б) алевропесчаники серые кварц-полевошпатовые с карбонатным цементом, участками ороговикованные известняки мраморизованные, мелко-среднезернистые

дайки диоритовых порфиритов

гранодиориты Топольнинского массива среднезернистые, биотит-роговообманковые

тектонические нарушения

Штольни предшественников (Розен М.Ф., 1957)

а) каналы, пройденные в ходе работ 1951-1956 гг. (Розен М.Ф. 1957); б) каналы, пройденные в ходе работ 1996-2001 гг. (Рузаев В.С., 2002).

Рудные пересечения, вскрытые каналами. Мощность - 1 м, содержания от 0.2 до 1.0 г/т

**Рисунок 8.** Геологический план проявления Рыбный Лог-1. По Рузаеву и др., 2002; с изменениями автора.

Кроме этого, в протолочках по хвостам бороздовых проб была установлена устойчивая примесь шеелита, молибдошеелита, тетрадимита, бисмутита, висмутина. Эти минералы в целом характерны для скарнов на прочих участках. Кроме сульфидов, при отмывке шлихов в пробах зафиксированы пылевидные знаки золота (до 20 знаков). Набору перечисленных минералов соответствует повышение висмута и меди, а так же серебра в первичных ореолах.

При удалении от массива количество сульфидных минералов уменьшается. В качестве повсеместного минерала присутствует тетрадимит, а висмутин, бисмутит и халькопирит присутствуют в качестве единичных зерен. Кроме этого, в протолочках было зафиксировано самородное золото (до 240 знаков) пылевидной размерности (Рузаев, 2002ф).

М.Ф. Розен отмечает присутствие в скарнах сфалерита в виде зерен размером до 1 мм, содержащих эмульсионную беспорядочную вкрапленность халькопирита (Розен, 1957ф).

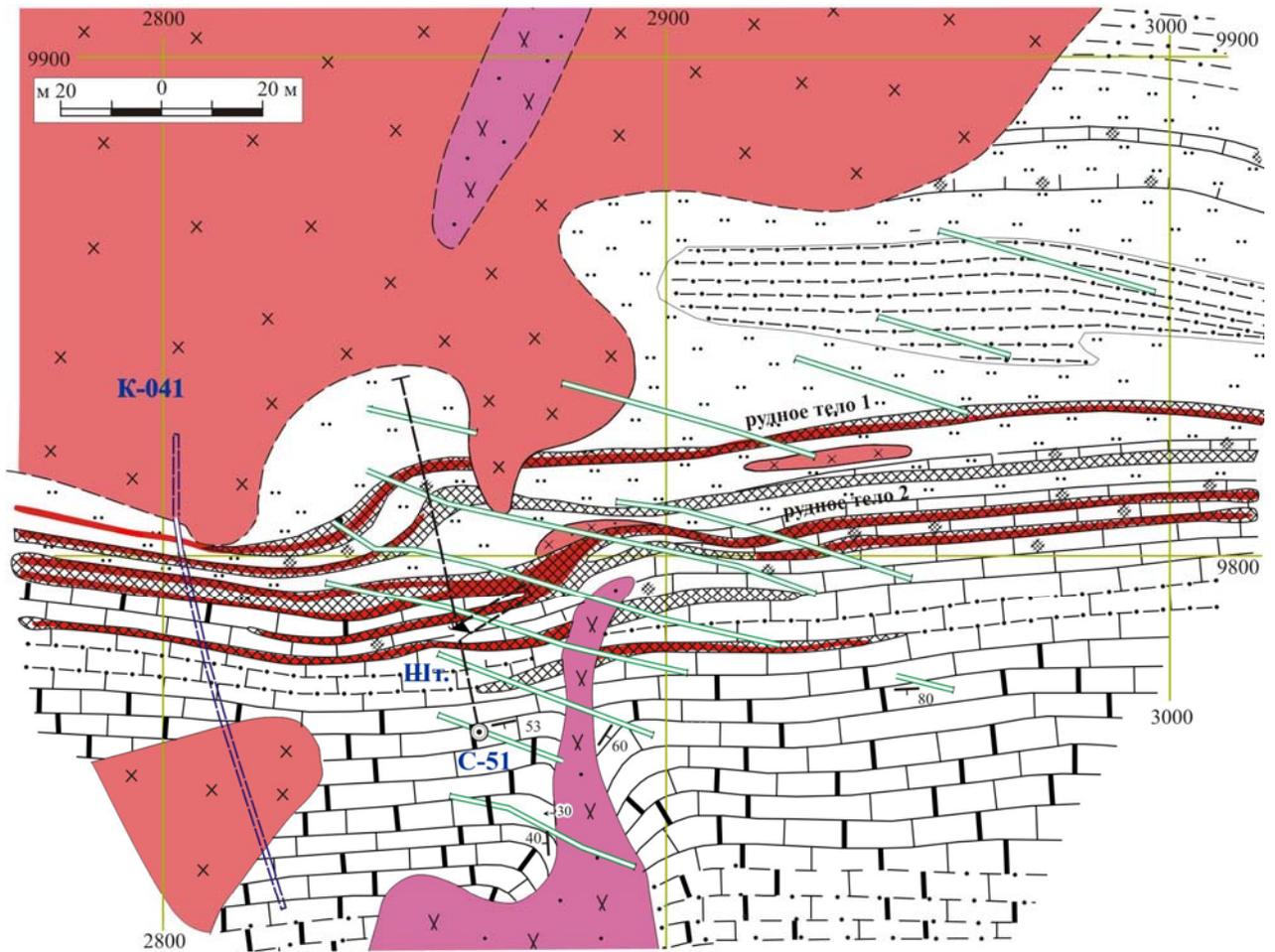
### **2.2.5. Геологическое строение проявления Рыбный Лог-2**

Проявление расположено в пределах Степного тектонического блока, на юго-восточном контакте Караминского массива. Северная его часть сложена гранитоидами массива, а южная – терригенно-карбонатными отложениями камышенской свиты раннего девона. В 250 м к юго-западу от объекта проходит Верхнекараминский надвиг, а в 500 м к юго-юго-востоку – Караминский сброс. Разлом Рыбный, отделяющий Степной блок от Караминского, расположен примерно в 1.5 км к юго-западу от проявления (Рисунок 9).

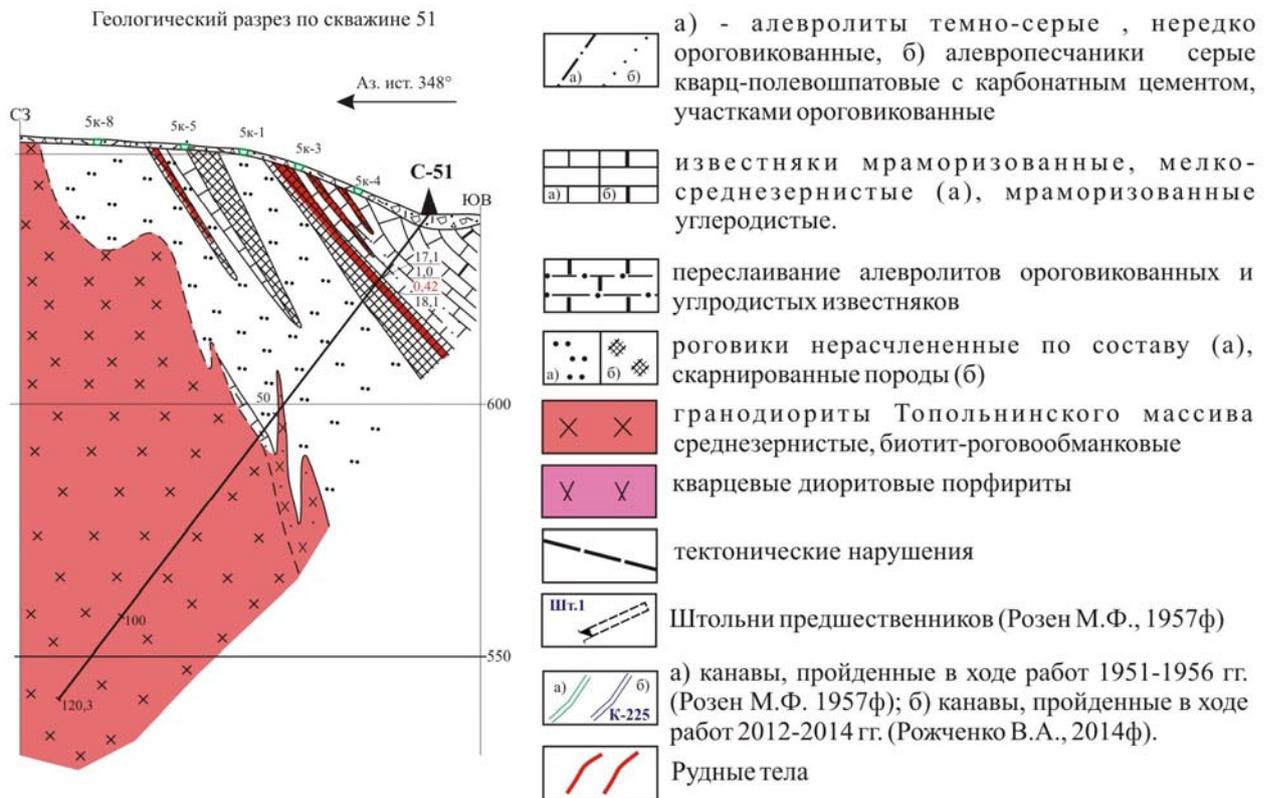
В ходе геолого-поисковых работ последних лет (1996-2000 гг., Рузаев, 2002ф; 2012-2014 гг., Рожченко, 2014ф) установленные содержания золота в телах не превысили 1 г/т.

#### *Стратифицированные отложения*

В северной части объекта, на контакте с массивом, распространены измененные терригенные породы, которые к югу сменяются мраморизованными известняками. Терригенные породы, по данным документации скважины С-51, представлены бледно-зелеными, светло-серыми зеленоватыми, иногда с голубоватым оттенком полосчатыми скрытозернистыми породами. По макроскопическим характеристикам они аналогичны пропицитизированным и ороговикопаным известковистым алевролитам проявлений Баяниха и Лог-26, которые имеют постепенные переходы к слабокарбонатным и безкарбонатным роговикам по алевролитам. Как и на упомянутых проявлениях, породы подвержены линзовидному, полосчатому и пятнистому неравномерному скарнированию. Жильная минерализация представлена редкими тонкими



Геологический разрез по скважине 51



**Рисунок 9.** Геологический план проявления Рыбный Лог-2. По Рожченко и др., 2014; с изменениями автора.

хлорит-кварцевыми прожилками мощностью 1-2 мм. Мощность описываемых пород неоднородная, от 10 м в западной западе до 80 м в восточной части участка, они содержат прослой мраморизованных известняков и пачки неизмененных алевролитов.

По мере удаления от контакта увеличивается доля карбонатной составляющей в разрезе. Известняки имеют окраску от светло-серой до темно-серой, к югу участка они становятся более темными, что говорит о постепенном увеличении углеродистого вещества в разрезе. Породы имеют полосчатую текстуру, для них характерно чередование светло-серых и более темных полос. Фиксируются карбонат-кварцевые прожилки мощностью в первые мм. Породы неравномерно скарнированы. В известняках наблюдаются прослой и отдельные горизонты алевролитов. Мощность карбонатной пачки в пределах участка – более 100 м. Простираие осадочной толщи субширотное, падение на юг, под углами 60-80° (Рожченко и др., 2014).

#### *Магматические образования*

Породы Караминского массива в пределах проявления представлены гранодиоритами, которые сложены на 50% полевыми шпатами, на 30% кварцем, на долю темноцветных минералов приходится 20% объема породы. Породы, согласно легенде (Государственная геологическая карта М-45-І, 2001), относятся ко второй фазе становления Топольнинской ассоциации. Контакт массива плавный, в целом субширотного и восток-северо-восточного простирания, с многочисленными «заливами». Падение контакта – на юг (под осадочную толщу), под углом 60°. В западной части объекта среди вмещающей рамы фиксируются сателлиты основного тела массива. Дайки в пределах участка не установлены, что говорит о слабой тектонической нарушенности описываемой территории, как и на многих других слабо золотоносных участках.

#### *Скарны и скарнированные породы*

Как уже говорилось выше, неоднородному скарнированию подвержены терригенные и карбонатные породы. Породы правильней относить к скарноидам, а не скарнам, поскольку по минералогическому составу и текстурно-структурным особенностям они аналогичны скарноидам месторождения Лог-26. Скарнирование пород проявлено в виде полос, линз и пятен, сложенных гранатом (30–35%) светло-коричневого цвета, зеленовато-чёрным пироксеном (до 25%), эпидотом (до 15%), а также кальцитом (до 5%), образующим линзовидные выделения. Мощность тел скарноидов от 2-3 до 5-6 м при протяженности до 200 м (Рожченко и др., 2014). Простираие тел конформно осадочной толще и субсогласно контакту массива.

Собственно скарны мощностью 5.8 м установлены в скважине С-51. Породы имеют

гранат-пироксеновый состав, содержат вкрапленность пирита и халькопирита в виде сгущений в количестве около 5%. Постскарновая ассоциация представлена эпидотом, кварцем и полевым шпатом.

По данным М.Ф. Розена (Розен, 1957), для скарноидов в целом характерна рассеянная вкрапленность халькопирита. Были установлены максимальные содержания меди по результатам опробования, они составили 3.3% и 4.87% в наземных выработках и в штольне соответственно. Работами В.С. Рузаева 1996-2000 гг. (Рузаев и др., 2002) в хвостах бороздовых проб по скарноидам минералогическим анализом установлены халькозин, висмутин, бисмутит, в некотором количестве шеелит и тетрадимит. Спектральным анализом в пробах установлены повышенные концентрации меди, серебра, висмута. Отмечаются незначительные повышения концентраций цинка, олова, сурьмы, кобальта, мышьяка.

#### *Морфология и локализация рудных тел*

Золоторудные тела и отдельные золоторудные пересечения на проявлении приурочены к скарнированным породам и скарнам. Как уже отмечалось выше, золотоносность проявления в целом незначительная, несмотря на благоприятные предпосылки формирования золотого оруденения. Содержания золота в пробах по результатам работ разных лет в целом не превышают 1.0-1.4 г/т, в одной пробе достигают 13 г/т, содержание серебра достигает 11.2-22.3 г/т. По итогам последних работ (Рожченко, 2014ф) на объекте выделено 2 рудных тела.

В гранат-пироксеновых скарнах с полевым шпатом, кварцем и эпидотом скважины С-51 (рудное тело №2) зафиксирована относительно повышенная золотоносность, с максимальным содержанием золота 0.42 г/т. Золоторудный интервал отвечает пропицитизированным породам с содержанием эпидота от 5 до 15% и вкрапленностью сульфидов (пирита и халькопирита) до 5%. В остальных пробах повышенных содержаний не установлено.

Морфология рудных и их простириание аналогичны скарнам и скарнированным пород: простириание субширотное, падение на юг. В целом по итогам работ разных лет установлена весьма слабая золотоносность скарнов проявления.

### **2.2.6. Геологическое строение проявления Пропаций Лог**

Проявление расположено в пределах Баянихинского тектонического блока, вытянуто вдоль восточного контакта Топольнинского массива. С юго-востока оно ограничено Акулинкинским сбросом, который отделяет его от проявления Чертова Грива, с юго-запада и запада – Топольнинским надвигом, с северо-запада и севера – Баянихинским надвигом.

Размеры объекта 1700x650 м, он является юго-восточным продолжением месторождения Баяниха (Рисунок 2). Северная часть проявления осложнена серией разломов северо-западной ориентировки, один из которых протягивается от проявления Баяниха, где контролирует размещение главных рудных тел.

#### *Стратифицированные отложения*

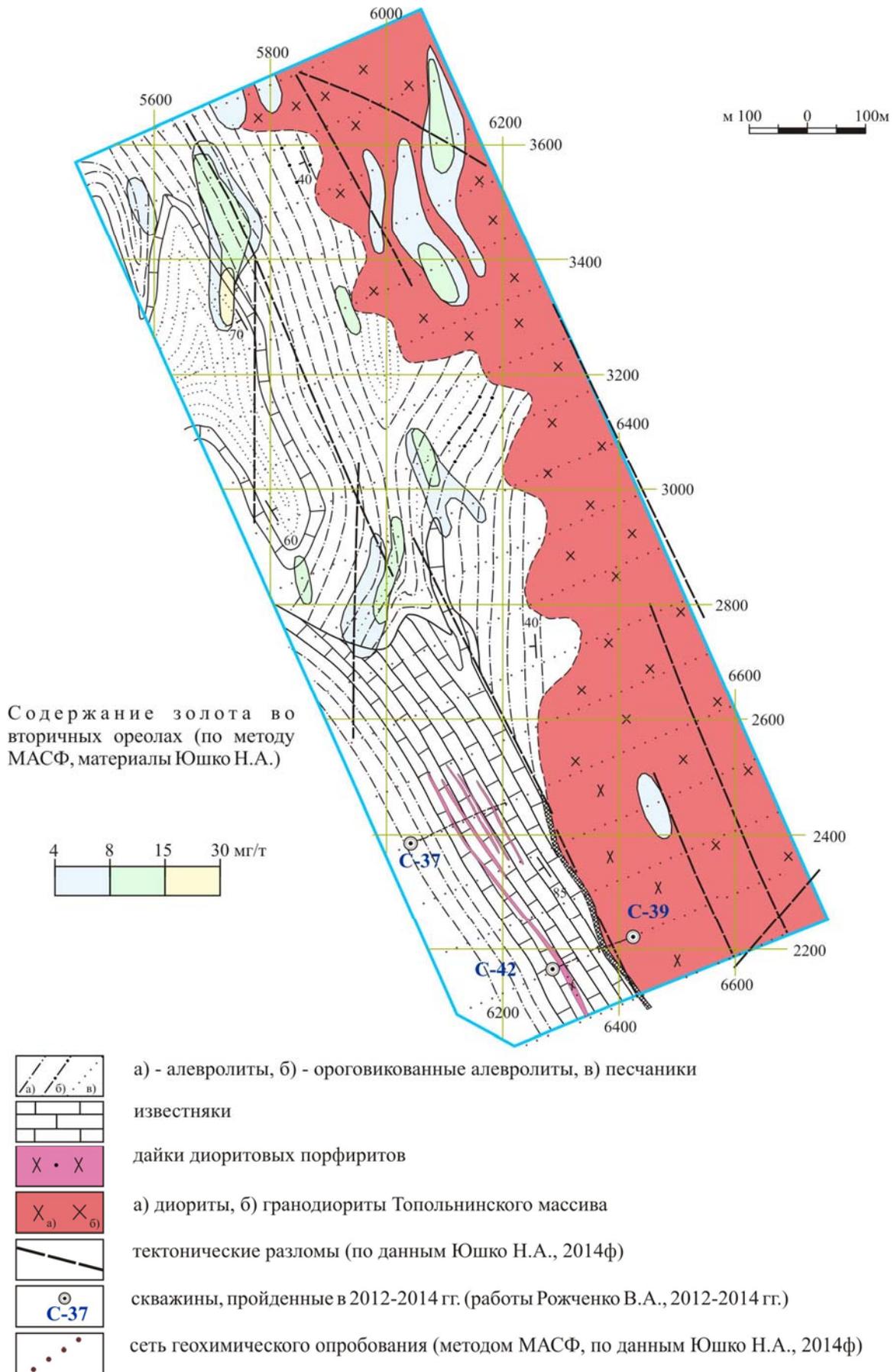
Комплекс осадочных пород в северо-западной и центральной части объекта представлен терригенными, а в юго-восточной части – терригенными и карбонатными отложениями громотухинской свиты раннего силура.

По составу и характеру залегания осадочных пород северо-западная часть отличается от юго-восточной. В северо-западной части объекта залегание пород более сложное. По данным геологических маршрутов, здесь пользуются распространением алевролиты, в меньшей степени – песчаники; они слагают линзы, пачки мощностью до 200 м. Породы массива контактируют главным образом с алевролитами, реже – с песчаниками, для пород характерно ороговикование вблизи контакта. Простираение пород преимущественно северо-западное, субмеридианальное, реже – северо-северо-восточное. Отмечаются редкие маломощные горизонты известняков мощностью 30-40 м (Рисунок 10).

В юго-восточной части осадочный комплекс имеет более простое строение: на контакте с массивом локализована пачка мраморизованных известняков мощностью около 130-170 м, в приконтактной зоне породы превращены в белые, светло-серые и серые мрамора. К юго-западу, на удалении от массива известняки сменяются алевролитами. Падение толщи субвертикальное, азимут простираения 160/340°.

#### *Магматические образования*

Породы массива имеют в плане извилистый контакт. В целом простираение контакта северо-западное. Согласно документации скважины С-39, на контакте с известняками в юго-восточной части проявления Пропаций Лог локализованы диориты и гранодиориты, которые, вероятно, следует относить ко второй стадии становления Топольнинского магматического комплекса. Вполне вероятно, впрочем, что часть массива, попадающая в контур участка, имеет сложный состав и представлена разнообразными по составу породами. Важно отметить, что эта часть участка выражена яркой магнитной аномалией  $\Delta T_a$  размером 150x300 м в диапазоне значений от 0 до  $1 \times 10^{-2}$  нТл, которая, вероятно, оконтуривает зону развития диоритов и гранодиоритов. По данным проходки скважины С-39 в юго-восточной части проявления, падение контакта субвертикальное.



**Рисунок 10.** Геологический план проявления Пропаций Лог с геохимической нагрузкой в масштабе 1:10 000. По Рожченко и др., 2014 и с использованием данных Юшко и др., 2014, с изменениями и дополнениями автора.

Развитие дайкового комплекса на объекте из-за мощных четвертичных образований и из-за неравномерной изученности участка горными и буровыми работами оценить довольно сложно. По данным буровых работ в юго-восточной части объекта, в известняках зафиксированы дайки диоритовых порфиритов северо-западного простирания, субсогласные с простиранием известняков.

#### *Скарны и скарнированные породы*

Из-за ограниченного объема горных и буровых работ на проявлении не совсем ясна степень распространения и положение скарнов. В юго-восточной части было пройдено 3 поисковые скважины для прослеживания скарновых зон вдоль контакта массива. Здесь диориты массива контактируют с известняками через зону кальцит-эпидот-клинопироксен-гранатовых, клинопироксен-гранатовых скарнов (Рисунок 10).

Скарновые тела зафиксированы в приконтактной части известняков и диоритов, образуют маломощные, 0.5-1.0 м, тела, и не фиксируются на удалении от контакта. Несмотря на благоприятные факторы (наличие мощной пачки карбонатных пород на контакте с диоритами, которые относятся к породам повышенной основности) процесс скарнообразования проявился довольно незначительно. Вероятно, скарны и скарнированные породы развиты в виде узкой полосы вдоль всего контакта с известняками. Повышенных содержаний золота по скарнам не зафиксировано.

Вполне вероятно, что отсутствие значимых зон скарнирования при наличии благоприятных условий следует связывать, прежде всего, с субвертикальными контактами массива и карбонатной толщи. Так же следует отметить меньшую тектоническую нарушенность юго-восточной части проявления Пропаций Лог по сравнению с северной, где развиты наиболее контрастные литохимические ореолы золота и элементов-спутников.

По совокупности признаков участок Пропаций Лог обладает отдельными признаками проявлениям второго типа, однако здесь ограничено развит комплекс даек и разломы северо-западной ориентировки, не наблюдается характерного частого чередования пластов различных литологических разновидностей пород, незначительно развиты скарны и не выявлено рудных тел, что не позволят относить этот участок к объектам второго типа.

#### **2.2.7. Геологическое строение проявления Кирпичное**

Проявлени Кирпичное локализовано на юго-востоке Топольнинского рудного поля, в пределах Степного тектонического блока, в области восточного контакта Караминского интрузивного массива и преимущественно терригенных, реже терригенно-карбонатных пород камышенской свиты раннего девона. Размер проявления 1200x1700 м (Рисунок 2).

За исключением Восточного разлома северо-северо-западного простирания на восточном фланге объекта, других тектонических нарушений не выявлено. Разлом находится в 600-1000 м от контакта массива и не оказывает влияния на локализацию рудных тел (Рисунок 2).

#### *Стратифицированные отложения*

Непосредственно на контакте с массивом располагаются ороговикованные алевролиты, алевролиты и роговики. Собственно роговики имеют наибольшее распространение в околоконтактной зоне, на удалении от массива в алевролитах встречаются только линзы роговиков мощностью до 100 м при длине 700 м. В алевролитах и ороговикованных породах залегают пласты и линзы песчаников мощностью от 50-100 до 200 м (Рисунок 11).

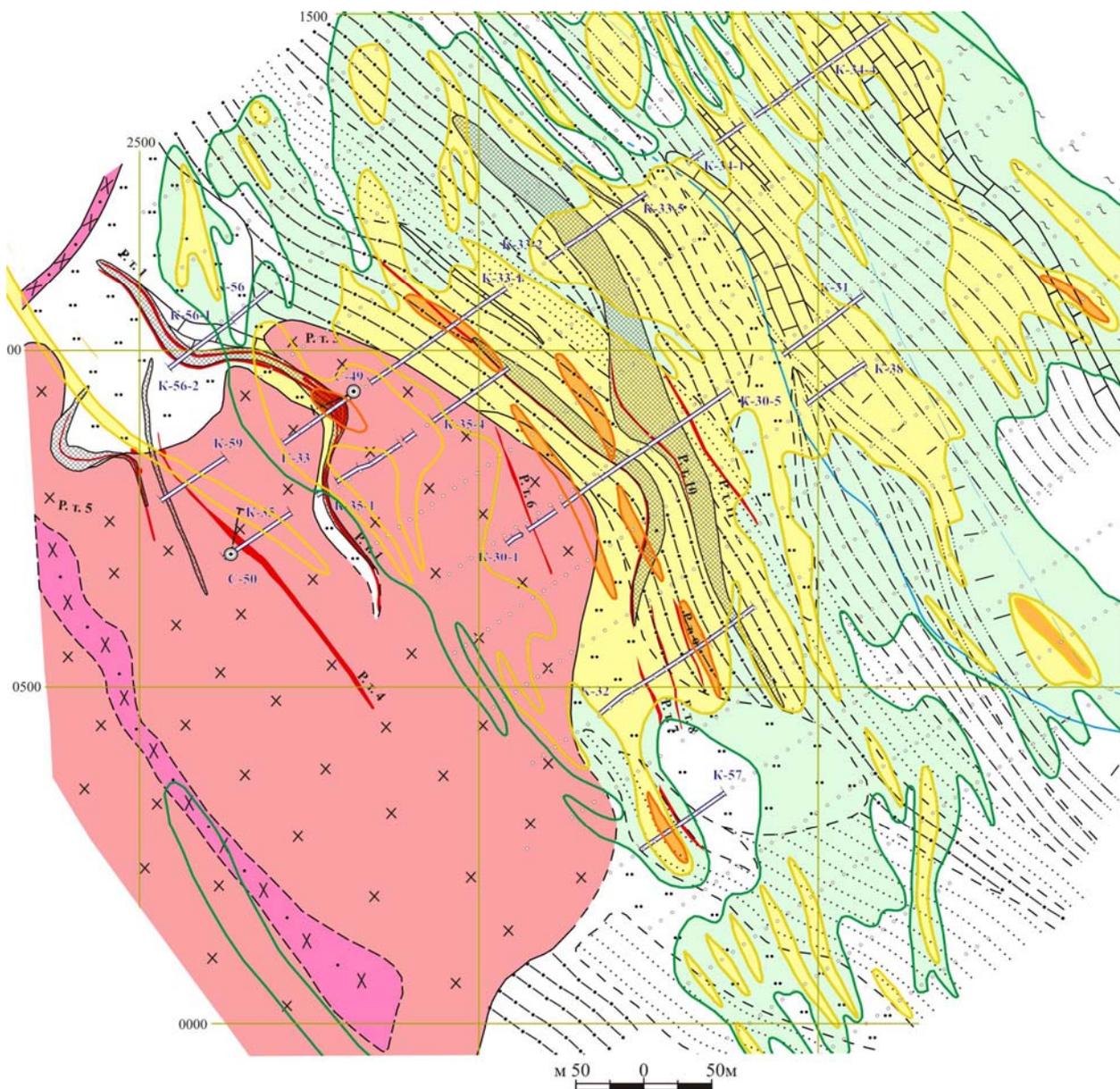
Карбонатные породы имеют резко подчиненное значение по отношению к другим, что и определяет менее значительное распространение скарнов. Известняки слагают единичные пласты и линзы мощностью 10-50 м при длине 200-1100 м. Отложения камышенской свиты имеют северо-западное простирание, по азимуту 140/320° при крутом, 60-70° падении на северо-восток. На крайнем северо-восточном фланге участка эти отложения контактируют с известняками и хлорит-серицитовыми сланцами полатинской свиты раннего силура, контакт свит тектонический.

#### *Магматические образования*

Караминский массив на территории объекта имеет в плане неровный, извилистый, заливообразный контакт, без четкого простирания. Предполагается, что контакт имеет пологое падение на северо-восток.

По данным бурения (скважина С-50) массив сложен *кварцевыми диоритами* мелко-среднезернистыми. Породы эпидотизированы, хлоритизированы, серицитизированы и окварцеваны, содержат редкую сульфидную вкрапленность. По данным горных работ, на поверхности массив сложен преимущественно *биотит-роговообманковыми гранодиоритами* и *клинопироксен-биотит-роговообманковыми кварцевыми диоритами*. Подчиненное значение имеют гранитоиды. *Кварцевые диориты* и *гранодиориты* следует относить ко второй фазе становления топольнинской ассоциации (Государственная геологическая карта М-45-I, 2001).

Дайковый комплекс проявлен на участке незначительно: наиболее значительная дайка диоритовых порфиритов зафиксирована в пределах массива, имеет мощность 50-100 м при протяженности 900 м и северо-западном простирании. Другая дайка мощностью 20 м и протяженностью около 100 м локализована в терригенных породах в северо-западной части участка, имеет северо-восточное простирание, вкрест контакту массива и простиранию пород. В терригенных породах фиксируются редкие маломощные (0.2-1.0 м) дайки диоритов.



- а) - алевролиты ороговикованные, б) - алевропесчаники, песчаные алевролиты, в) - песчаники
- а) - известняки мраморизованные, б) - роговики
- сланцы хлорит-серицитовые
- скарны и скарноиды эпидот-гранатовые, эпидот-кварц-кальцит-пироксеновые и другие
- дайки диоритовых порфиритов
- гранодиориты и диориты Караминского массива
- горные выработки, пройденные в 2012-2014 гг. (работы Рожченко В.А.): а) - канавы, б) скважины
- рудные тела
- точки отбора литохимических проб (сеть 100x20 м, по данным В.А. Рожченко, 2014)
- вторичные ореолы рассеяния золота: а) более 0.1 г/т, б) 0.01-0.09 г/т, в) 0.004-0.009 г/т. Линиями показаны ореолы в надинтрузивной области.

**Рисунок 11.** Геологический план проявления Кирпичное с геохимической нагрузкой. По Рожченко и др., 2014; с изменениями и дополнениями автора.

### *Скарны и скарнированные породы*

Поскольку карбонатные породы на объекте имеют ограниченное распространение, то и тела скарнов развиты не в таком количестве, как, например, на проявлении Сухая Грива. Часть наименее мощных тел локализуется в «заливах» контакта, с выходом тел в терригенную толщу. Эти тела имеют извилистую форму, мощность от 7 до 25 м при длине 350-650 м. Наиболее значительные отдельные скарновые «тела» находятся на расстоянии 60-300 м от контакта, их мощность 20-55 м и длина 450-1000 м. Они представляют собой серию сближенных скарноидных тел гранат-эпидот-кварцевого, кальцит-клинопироксенового, гранат-эпидотового, гранат-эпидот-кварцевого состава преимущественно м/з и т/з структуры, неравномерной окраски, разделенные ороговикованными песчаниками и алевролитами (Рисунок 11). В зоне экзоконтакта с массивом скарновые процессы проявлены более интенсивно, зернистость пород так же увеличивается по сравнению с отдаленными от контакта телами. Выявленное в этой части проявления тело (вскрытое к-056) имеет преимущественно клинопироксен-гранатовый состав, часто с кальцитом, а в центральной части гранат-клинопироксен-полевошпатовый состав. Породы содержат прожилки кварц-карбонатного, кварцевого, кварц-хлоритового состава. Это тело скарнов в области «залива» контакта контактирует с гранодиоритами(?) через зону скарнированных и ороговикованных алевролитов.

Простираание скарнов согласное с простираанием осадочной толщи (северо-западное), конформное контакту массива. Судя по данным горных и буровых (С-49) работ, падение тел на северо-восток, под углом 60-70°.

### *Морфология и локализация рудных тел*

Золоторудная минерализация на объекте проявлена незначительно, несмотря на наличие мощных и протяженных скарновых тел и зон. Основные рудные тела, как и на проявлении Сухая Грива, сосредоточены в скарнах и скарноидах при довольно низком уровне содержания золота от 0.4 до 1.5 г/т по выделенным рудным пересечениям мощностью 0.2-1.9 м. Простираание рудных тел северо-западное, как и у вмещающих их скарновых тел. Кроме этого, на участке Кирпичный так же установлены единичные маломощные слабозолотоносные минерализованные зоны золото-сульфидно-кварцевого состава в ороговикованных алевролитах (0.4 г/т на 0.4 м, к-032), ороговиках с вкрапленностью пирита (0.54 г/т на 1 м, к-057), редкие маломощные кварцевые жилы (0.6 г/т на 0.2 м, к-030-2). Скважиной (С-50) вскрыта зона серицит-кварцевых метасоматитов в эпидотизированных, серицитизированных, хлоритизированных кварцевых диоритах (1.43 г/т на 2 м). Совмещения золотоносных скарнов и минерализованных зон золото-сульфидно-кварцевого состава не наблюдается. Дайки и рудные тела в плане разобщены. Вблизи мощных скарновых зон отмечаются маломощные дайки

диоритов. Рудные тела преимущественно конформны контакту Караминского массива, имеют северо-западное простирание, аналогично скарнам.

По некоторым признакам проявление Кирпичное сходно с месторождением Лог-26, которое расположено на диаметрально противоположном контакте Караминского массива. Однако, как и на проявлении Пропаций Лог, здесь ограничено развит комплекс даек «пестрого» состава, не выделяются региональные разломы северо-западной ориентировки, не наблюдается характерного частого чередования пластов различных литологических разновидностей пород, ограничено развиты карбонатные отложения и скарны, не выявлено значимых рудных тел, что не позволят относить это проявление к объектам второго типа.

### **2.2.8. Геологическое строение проявления Кемровское**

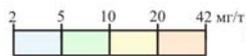
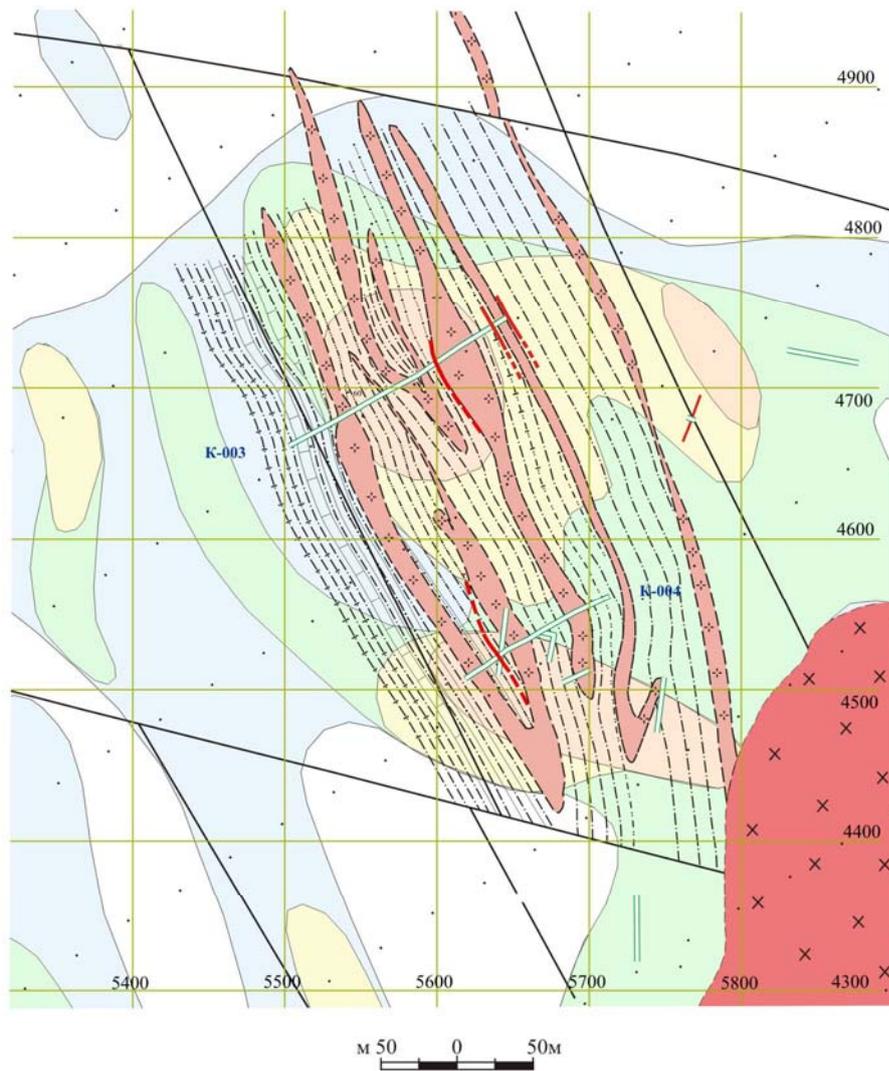
Проявление Кемровское находится в пределах Баянихинского тектонического блока в области северо-северо-восточного контакта Топольнинского массива и раннесилурийских отложений громотухинской свиты, расположен к северо-востоку от месторождения Баяниха. Размеры объекта 600x700 м. Его территория осложнена серией разломов северо-западного простирания, которые секутся более поздними субширотными разломами. Разрывные нарушения дешифрируются по аэрофотоснимкам (Рисунок 2).

#### *Стратифицированные отложения*

Осадочные отложения громотухинской серии раннего силура представлены главным образом алевролитами, известковистыми алевролитами, часто ороговикованными в различной степени при резко подчиненной роли песчаников и известняков (Рисунок 12). Известковистые алевролиты иногда скарнированы. Отмечаются единичные прослои мраморизованных известняков мощностью 0.2-0.5 м среди известковистых алевролитов и алевролитов, редко встречаются горизонты известняков мощностью 3.5-6 м. Как правило, рудной и жильной минерализации в породах не наблюдается. Иногда отмечаются прожилки карбонат-кварцевого и кварц-карбонатного состава, мощностью до первых миллиметров.

#### *Магматические образования*

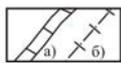
Гранитоиды массива имеют в плане сравнительно плавный контакт, имеющий северо-восточное простирание. Состав пород массива точно на контакте не установлен, так как горные выработки здесь не проходились. Как установлено на примере других объектов, состав пород



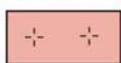
содержание золота во вторичных ореолах (по методу МАСФ, материалы Юшко Н.А.)



а) - алевролиты, б) - алевропесчаники, в) - ороговикованные алевролиты



а) - известняки, б) - известковистые алевролиты



дайки лейкогранитов



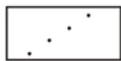
гранодиориты Топольнинского массива



тектонические разломы (по данным Юшко Н.А., 2014)



а) - каналы, пройденные в 2012-2014 гг. (работы Рожченко В.А.), б) - каналы предшественников



сеть геохимического опробования (методом МАСФ, по данным Юшко Н.А., 2014)



рудные тела

**Рисунок 12.** Геологический план проявления Кемровское с геохимической нагрузкой. По Рожченко и др., 2014; с изменениями и дополнениями автора.

массива в зоне контакта может быть достаточно неоднородным, поэтому предположить состав пород не представляется возможным.

На проявлении Кемровское зафиксирован рой даек лейкогранитов северо-северо-западного простирания. Мощность тел от 1 до 27 м, форма – линейная, но зафиксированы ответвления от главных тел (Рисунок 12). Лейкограниты следует относить к четвертой, последней фазе становления Топольнинской ассоциации (Государственная геологическая карта М-45-І, 2001). Вероятно, комплекс даек маркирует тектонически наиболее ослабленную зону, к которой так же тяготеют наиболее контрастные вторичные ореолы золота и элементов-спутников. Некоторые авторы (Рожченко, 2014ф) предполагают в этой части ось антиклинальной складки, осложненную дайками.

#### *Скарны и скарнированные тела*

Собственно скарновых тел на проявлении не установлено. Отмечаются единичные маломощные, 0.2-1.0 м, зоны скарноидов сложного состава и скарнирование по известковистым алевролитам с образованием граната и клинопироксена. В целом по разрезу, при наличии карбонат содержащий пород в виде известковистых алевролитов, прослоев и редких горизонтов известняков, заметно преобладает алевролитовая составляющая.

#### *Морфология и состав рудных тел*

Значимых рудных пересечений на проявлении не установлено. Канавами вскрыты единичные слабозолотоносные минерализованные зоны мощностью 0.8 – 1.7 м, представленные предположительно лейкогранитами с сетью кварц-карбонатных прожилков, скарнированными алевролитами и алевропесчаниками без видимой жильной и рудной минерализации, алевролитами и алевропесчаниками с редкой сетью кварц-кальцитовых просечек и прожилков. В редких случаях отмечается пылевидная редкая вкрапленность пирита. Содержание золота на уровне 0.3-0.86 г/т. Протяженность зон не более 10-20 м. Протяженность зон северо-западная, они пространственно приурочены к скоплению даек лейкогранитов в центральной части участка и конформны по отношению к ним. По отношению к контакту массива зоны ориентированы диагонально, или же вкрест.

Таким образом,

по результатам выполненных исследований описанные выше объекты (Сухая Грива, Чертова Яма, Чертова Грива, Рыбный Лог-2 и др.) по ряду признаков относятся к одному типу (**1 тип**). Тектоническая нарушенность рудовмещающей толщи на участках локализации проявлений **1 типа** незначительная, с чем связано отсутствие характерных для наиболее перспективных объектов даек «пестрого» состава и наличием лишь отдельных даек

топольнинской ассоциации, среди которых преобладают дайки диоритовых порфиров. Не исключено, что важную роль в отсутствии значимого оруденения на некоторых участках сыграла ограниченность карбонатных отложений, а следовательно, и скарнов, которые являются наиболее благоприятной средой для отложения золота, а на ряде объектов (Синюхинское месторождение) образуют самостоятельные рудные тела с высокими содержаниями золота.

Ниже приведены общие черты проявлений первого типа и ряд отличий, которые повлияли на интенсивность золотого оруденения:

- объекты локализованы на контакте массива гранитоидов и существенно карбонатных / существенно терригенных отложений;
- в плане осадочной толще конформны или ориентирована вкрест контакта массивов и / или их апофизам;
- апофизы массива в плане конформны простиранию осадочных отложений, пересекают их под острым углом или ориентированы вкрест;
- встречаются биметасоматические и инфильтрационные скарны, скарнированные породы, положение которых согласно с карбонатной толщей, контактом массива и определяется наличием разломов, повторяющих изгибы толщи и линии контакта массива;
- развитие скарнов благоприятно для последующего рудоотложения, хотя и не гарантирует наличие руды. Раздувы рудных тел связаны с областями пересечения единичных разломов северо-северо-западной ориентировки и разломов, конформных контактам массива и рудовмещающей толще;

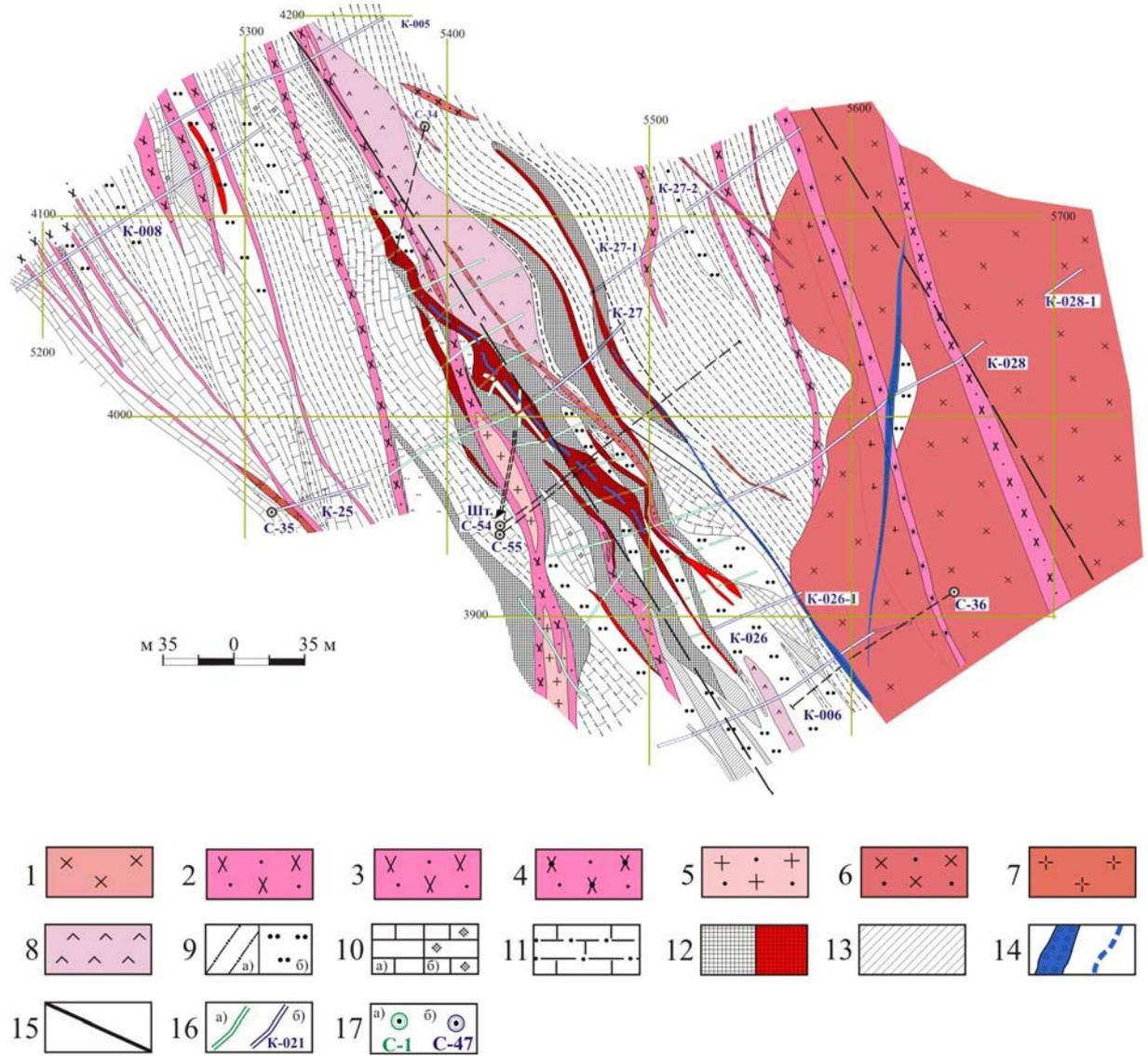
## 2.3. Геологическое строение объектов второго типа

### 2.3.1. Геологическое строение месторождения Баяниха

Месторождение Баяниха расположено в пределах одноименного тектонического блока в области северо-западного контакта Топольнинского массива гранитоидов (Рисунок 2). Геолого-структурная позиция объекта определяется его локализацией в пределах интенсивно тектонически нарушенного фрагмента восточного крыла синклинальной складки, сложенной терригенно-карбонатными образованиями громотухинской серии. Одним из принципиальных элементов геологического строения проявления является крупная тектоническая зона субмеридионального простирания, осложняющая область юго-западного контакта массива гранитоидов. Она прослежена на расстоянии более 3.5 км при ширине около 300 м (Юшко, 2014ф). Фрагменты этой структуры в сочетании с другими геолого-структурными элементами определяют положение даек куюганского комплекса и топольнинской ассоциации, тел скарнов, в том числе золотоносных, и минерализованных зон золото-сульфидно-кварцевого состава, выявленных в пределах рассматриваемого проявления.

#### *Стратифицированные отложения*

Строение громатухинской терригенно-карбонатной толщи в пределах рассматриваемого месторождения сложное, определяемое системой линейных блоков, а главное – влиянием разрывных нарушений (Рисунок 13). В пределах проявления с определенной долей условности выделяется два блока – юго-западный и северо-восточный, разделенных тектонической зоной северо-западного простирания. Положение и строение этой зоны фиксируют дайки различного состава и возраста, а так же тела скарнов, в том числе золотоносных. Северо-западный блок расположен в зоне влияния массива гранитоидов, сложен алевролитами и в различной степени их ороговикованными разностями мощностью 90-130 м. Помимо роговиков и ороговикованных алевролитов выделено несколько линз мраморов. Иногда алевролиты содержат линзы скарноидов мощностью 0.1-0.3 м, в которых отдельные полосы и пятна скарнов локализуются в пропицитизированных скарнированных мергелях. В породах наблюдается редкая вкрапленность пирита в количестве 1-3%, а так же редкие карбонат-кварцевые прожилки мощностью до 5 мм. По направлению от массива алевролиты сменяются линзообразным телом скарноидов мощностью от 2 до 75 м в раздувах при протяженности 300 м, отдельные маломощные линзы которых иногда фиксируются непосредственно в алевролитах.



#### Условные обозначения:

1-7 - Топольнинская ассоциация габбро-гранодиорит-гранитовая: 1 - гранодиориты; 2 - диоритовые порфириды; 3 - кварцевые диоритовые порфириды; 4 - монцодиоритовые порфириды; 5 - гранит-порфиры; 6 - гранодиорит-порфиры; 7 - лейкограниты; Куяганский комплекс риолит-дацит-андезитовый: 8 - плагиориодациты; 9 - а) ороговикованные алевролиты, б) роговики; 10 - а) мраморизованные известняки, б) мраморизованные известняки скарнироанные; 11 - переслаивание мраморизованных известняков и ороговикованных алевролитов, роговиков; 12 - скарны и скарноиды гранат-клинопироксеновые, клинопироксен гранатовые; 13 - породы кальцит-клинопироксен-пренитового состава с гранатом; 14 - минерализованные зоны золото-сульфидно-кварцевого состава прослеженные (а), предполагаемые (б); 15 - разрывные нарушения различной кинематики (фрагменты региональных разрывов северо-западной ориентировки Ануйского тектонического блока); 16 - Канавы предшественников (а), пройденные в ходе работ В.А. Рожченко (2012-2014) - (б); 17 - Скважины 1996-2001 гг. (Рузаев и др., 2002) – (а), 2012-2014 гг. (Рожченко и др., 2014) – (б).

**Рисунок 13.** Геологический план месторождения Баяниха. По Рожченко и др., 2014ф, с изменениями и дополнениями автора.

В самих скарноидах фиксируются линзы мраморизованных известняков и роговиков мощностью 5-10, редко до 15 м при протяженности 50-70 м. Подробнее эти породы будут описаны ниже. Примечательно, что основное тело скарноидов пространственно тяготеет к участку, осложненному дайками, в том числе дайкам кислого состава куяганского комплекса. Связь скарноидов и даек, видимо, только пространственная: мощность тел метасоматитов не зависит от близости даек, зональности метасоматитов по отношению к ним так же не наблюдается. Насыщенность дайками свидетельствует, вероятно, о тектонической ослабленности в этой зоне, что является благоприятным фактором локализации оруденения.

Еще далее от массива породы представлены мраморизованными известняками с прослоями пропилитизированных скарнированных мергелей и известковистых алевролитов и редкими линзами роговиков общей мощностью около 30-40 м. В целом, породы имеют светлую зеленовато-серую окраску. Мраморизованные известняки имеют светло-серую и серую окраску, мелкозернистое строение, слагают в толще маломощные, 2-10 см, полосы и линзы, чередующиеся с пропилитизированными светло-зелеными и серовато-зелеными тонкозернистыми мергелями. Иногда пропилитизированные мергели окрашены в ярко-желтый цвет за счет эпидота. Породы скарнированы, что фиксируется по наличию отдельных зерен, пятен, тонких полосок и линз гранатового, карбонат-гранатового состава. Ориентировка линз подчеркивает исходную полосчатость пород, окраска граната светло-коричневая, коричневая. Общее количество граната по разрезу составляет 5-10%. В отдельных маломощных участках, где его количество меняется от 15 до 60%, породы можно относить к скарноидам. Отмечается редкая вкрапленность лимонитизированного пирита, единичные маломощные кварц-карбонатные прожилки. Далее к северо-западу от этой пачки залегает ядро предполагаемой складки.

#### *Магматические образования*

Гранитоиды массива имеют в плане извилистый контакт, но в отличие от проявления Сухая Грива, здесь он не осложнен апофизами и саттелитами. В целом, контакт массива ориентирован в плане субпараллельно или диагонально, под углом 10-15° к толще осадочных пород. Контакт массива крутопадающий или субвертикальный (по данным скважины С-36), с падением на юго-запад, навстречу падению осадочной толщи, под углом от 70° до 85°. По данным бурения скважины С-36, породы массива сложены гранодиоритами и гранит-порфирами. Плагиоклаз сосюритизирован, биотит – хлоритизирован. Канавой К-028 в гранитоидах вскрыт ксенолит роговиков и ороговикованных алевролитов размером 20x50 м.

Наиболее ранние дайки – это тела дацитов и риодацитов, относящиеся к куяганскому комплексу. Одна из них, в северо-западной части месторождения, слагает вытянутое в северо-западном направлении тело протяженностью 250 м, неправильной в плане конфигурации, с

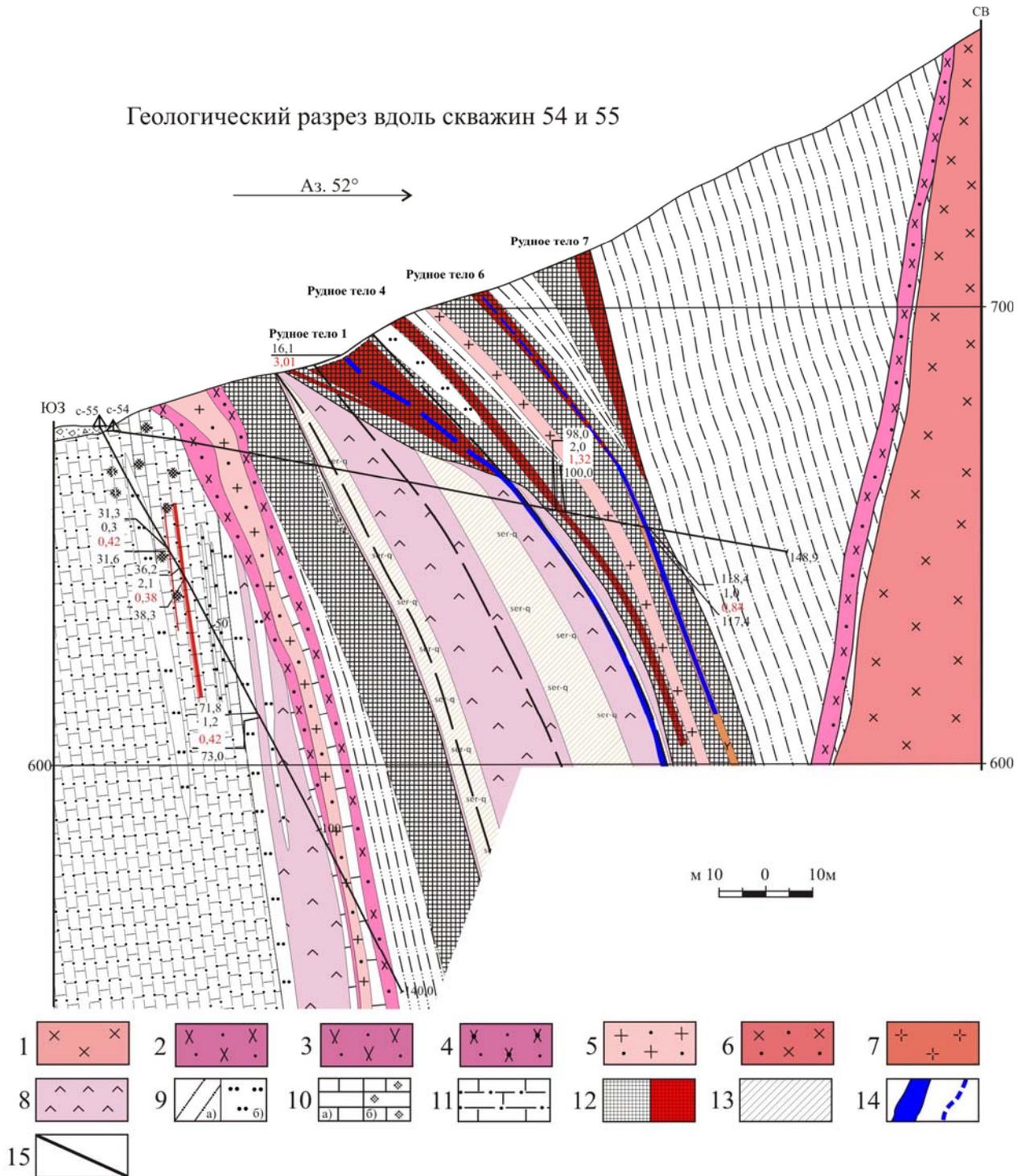
раздувами и пережимами, которым соответствует изменение мощности от 5 до 50 м. Другое тело вскрыто в юго-восточной части объекта, для него так же характерно изменение мощности, причем на поверхности тело имеет мощность около 5 м, которая на глубине увеличивается до 50 м, простирание тела так же северо-западное. На месторождении зафиксированы так же дайки мощностью 3-12 м (скважина С-55). Дациты и риодациты имеют светло-серую до серой окраску, афиговое до порфирового строение, с вкрапленниками плагиоклаза, реже кварца. На дайки наложены процессы березитизации и окварцевания, иногда измененные и окварцеванные породы слабо золотоносны (Рисунок 14).

В целом на проявлении преобладают дайки диоритового состава: кварцевые диоритовые порфириты, кварцевые диориты, монцодиориты, монцодиоритовые порфириты, кварцевые монцодиориты. Эти тела, согласно легенде (Государственная геологическая карта М-45-І, 2001), относятся ко второй фазе становления топольнинской ассоциации. Их мощность от 1-2 до 10 м, редко до 30 м в раздувах при протяженности от 60 до 400 м. Они встречаются как среди пород массива, так и среди осадочной толщи.

Реже встречаются дайки плагиогранит–тоналит-порфиров, гранит-порфиров, гранитов и сиенитов, которые, вероятно, следует относить к третьей фазе становления. Тела гранит-порфиров иногда фиксируются внутри даек кварцевых диоритов, что в данном случае следует объяснить положением одной дайки внутри более ранней (скважина С-54). Дайки гранодиорит-порфиров мощностью 1-15 м фиксируются внутри тел дацитов (скважина С-34). Причем контакты как постепенные, так и через зоны милонитизации, а гранодиорит-порфиры фиксируются как внутри даек вулканитов, так и на контакте с осадочной толщей, что не позволяет говорить о наличии фациальных переходов. Дайки тоналит-порфиров мощностью 8-13 м фиксируются в скважине С-34 м среди карбонатных и терригенных пород. Иногда центральная часть тоналит-порфиров сложена плагиогранитами. Простирание даек северо-западное, по азимуту  $150/330^{\circ}$  –  $165/345^{\circ}$ , диагональное контакту массива, субсогласное или согласное с простиранием терригенно-карбонатных толщ.

В целом, все дайковые тела, как ранние (риодациты) так и более поздние (кварцевые диориты, граниты и др.) имеют достаточно четкие, часто линейные контакты со скарноидами, терригенно-карбонатными породами. Характерно некоторое уменьшение зернистости пород к контактам, иногда с приобретением порфировидного облика (зоны закалки), реже фиксируются маломощные зоны осветления вмещающих пород, измеряемые первыми см, редко отмечаются кварцевые прожилки вдоль контакта.

Золотоносная зона жильно-прожилкового окварцевания, вскрытая канавой К-028, наложена на гранитоиды массива и дайку диоритовых порфиритов (Рисунок 13), что говорит о формировании золото-сульфидно-кварцевого оруденения после внедрения даек 2 фазы.



Условные обозначения:

1-7 - Топольнинская ассоциация габбро-гранодиорит-гранитовая: 1 - гранодиориты; 2 - диоритовые порфиры; 3 - кварцевые диоритовые порфиры; 4 - монцодиоритовые порфиры; 5 - гранит-порфиры; 6 - гранодиорит-порфиры; 7 - лейкограниты; Куяганский комплекс риолит-дацит-андезитовый: 8 - плагиориодациты; 9 - а) ороговикованные алевролиты, б) роговики; 10 - а) мраморизованные известняки, б) мраморизованные известняки скарнированные; 11 - переслаивание мраморизованных известняков и ороговикованных алевролитов, роговиков; 12 - скарны и скарноиды гранат-клинопироксеновые, клинопироксен гранатовые; 13 - породы кальцит-клинопироксен-пренитового состава с гранатом; 14 - минерализованные зоны золото-сульфидно-кварцевого состава прослеженные (а), предполагаемые (б); 15 - разрывные нарушения различной кинематики (фрагменты региональных разрывов северо-западной ориентировки Ануйского блока).

**Рисунок 14.** Геологический разрез месторождения Байниха вдоль скважин С-54, С-55 в масштабе 1:1500. По Рожченко и др., 2014; с изменениями и дополнениями автора.

Дайка сиенитов, вскрытая скважиной С-54, содержит золота на уровне 0.84 г/т.

### *Скарнированные породы*

На проявлении широко развиты тела скарноиды, слагающие главное линзообразное тело, сформированное серией сближенных линз. Это тело расположено на границе выделенных ранее юго-восточного и северо-западного блоков, содержит прослой и линзы роговиков и ороговикованных пород. Главное тело имеет протяженность около 300 м при максимальной мощности около 70 м. Отдельные тела скарноидов фиксируются среди ороговикованных алевролитов (образованы по линзам карбонатных пород) и мраморизованных известняков. Все тела вытянуты согласно с простиранием толщи в северо-западном направлении, азимут простирания 150-330°. Скарноиды локализованы в северо-восточном крыле синклинали складки, в юго-западном крыле (на удалении от контакта Топольнинского массива) они практически отсутствуют. Падение тел крутое на северо-восток, к Топольнинскому массиву, под углом 80-85°. Тела скарноидов сближены, и, как правило, расположены не далее 20-25 м друг от друга.

Скарноиды проявления Баяниха находятся на удалении от контакта массива на расстоянии 45-85 м. Причем наиболее мощные зоны скарнов находятся на более значительном удалении от массива, чем менее мощные зоны в юго-восточной части месторождения. То есть близость к контакту массива не влияет на мощность тел, которая зависит, скорее всего, от мощности благоприятного для скарнирования протолита (ближе к контакту карбонатные отложения резко уменьшаются в мощности).

Следует отметить, что скарнированные породы проявления Баяниха по текстурно-структурным особенностям отличаются от сходных по составу массивных скарнов проявления Сухая Грива. На проявлении Сухая Грива скарны обладают м/з – ср/з структурой и массивной, пятнистой текстурой, в то время как здесь преобладают тонкозернистые пятнистые, пятнисто-полосчатые, полосчатые, линзовидно-полосчатые и тонкополосчатые породы. В породах проявления Баяниха светло-зеленые, светло-зеленовато-серые, светло-зеленые и светло-коричневато-серые полосы и участки сложены пропилитизированными ороговикованными скарнированными мергелями или известковистым алевролитам. Коричневые, оранжевато-коричневые и серовато-коричневые полосы и участки – тонкозернистыми, редко до мелкозернистых скарнами, количество которых по разрезу может меняться от 5 до 60%. Причем эти породы могут иметь как постепенные переходы, так и весьма резкие границы. Среди них иногда встречаются маломощные, около 2-5 см, прослой зеленовато-черных и зеленовато-коричневых роговиков. Иногда скарны в виде пятен, полос и линз развиты в мраморизованных известняках. Поскольку процесс скарнообразования проявлен очень

неравномерно, то полосчатые породы в целом правильной называть скарноидами, и лишь отдельные линзы и участки – собственно скарнами. Причин такой неравномерности процесса в отличие от упроявления Сухая Грива может быть несколько:

- во-первых, сказалось отличие исходных пород: скарны на проявлении Сухая Грива формируются преимущественно по известнякам, в то время как на месторождении Баяниха – по глинистым карбонатным породам, возможно, мергелям с неравномерным распределением карбонатного вещества.

- во-вторых, скарны Сухой Гривы преимущественно биметасоматические, образованы непосредственно на контакте гранитоидов массива и осадочной толщи. В то же время скарноиды Баяниха находятся на удалении от интрузивного контакта.

Резкий характер контактов и отсутствие зональности скарноидов относительно даек различного состава не позволяет говорить о роли последних в скарнообразовании. Следовательно, скарноиды Баяниха имеют инфильтрационную природу и связаны, вероятно, с удаленным тепловым источником. Таким источником может являться скрытая на глубине часть Топольнинского массива. Таким образом, для формирования скарноидов здесь имели место несколько благоприятных предпосылок:

1) наличие мощной, 80-100 м, крутопадающей пачки известняково-мергелистого состава, которая является благоприятной средой для скарнообразования,

2) исходная тектоническая нарушенность территории месторождения, что подтверждается наличием разломов северо-западной ориентировки и обилием разновозрастных даек, которые так же маркируют тектоническую ослабленность описываемой области. Причем к рудной зоне приурочены дайки максимальной мощности и протяженности,

3) наличие крутопадающего под осадочную толщу массива гранодиоритов, который и являлся источником тепла и метасоматических растворов.

#### *Морфология и состав рудных тел*

Основное промышленное золотое в пределах рассматриваемого месторождения, как и на других объектах, связано со скарнами и скарнированными породами. Однако специализированные исследования и обобщение полученных ранее данных выявили определенные отличия от ряда других золоторудных объектов рудного поля.

Как было установлено, наиболее мощные рудные тела расположены на удалении от контакта массива и совместно с дайками (риодациты куюганского комплекса, диоритовые порфириты, кварцевые диоритовые порфириты и гранодиорит-порфиры топольнинской ассоциации) локализованы в пределах отчетливо выраженных тектонических зоны северо-западного простирания. Приуроченное к этой зоне основное рудное тело №1 прослежено более

чем на 200 м, при колебании мощности от 1 м до 21 м и изменении содержания золота в сечениях от 1 г/т до 4.3 г/т. При этом в отдельных пробах содержания достигают 8.7 г/т. В участках появления проб с повышенными содержаниями золота отмечено присутствие во вмещающих породах и скарнах маломощных невыдержанных прожилков кварцевого и пирит-кварцевого состава. Прожилки кварца и кварц-серицитовые (с пиритом) изменения были отмечены в рудном теле №8, вскрытом канавой К-028, где отсутствовали скарны. Содержание золота здесь составляло 8.3 г/т на 3 м.

Повышенные содержания золота (от десятых до первых г/т) отмечено в породах различного состава: алевролиты, граниты, диоритовые порфириты и др.). При этом повышенные содержания золота (до нескольких десятых г/т) отмечались при проявлении «линейных» пирит-серицит-карбонат-кварцевых изменений.

Приведенные данные позволяют сделать вывод о том, что совмещение золотоносных скарнов и более поздней золото-сульфидно-кварцевой минерализации существенно влияет на продуктивность последних.

### **2.3.2. Геологическое строение месторождения Лог-26**

Месторождение Лог-26 расположено в юго-восточной части рудного поля, в области западного контакта Караминского массива (Нижнекараминский тектонический блок). Позиция месторождения определяется двумя основными элементами: близостью контакта массива гранитоидов и влиянием зоны долгоживущих разрывных нарушений северо-западной ориентировки, оперяющих нижнекараминский разлом. Эти нарушения пересекаются более поздними нарушениями северо-восточной ориентировки (Рисунок 2).

Объект имеет протяженность 1000 м и ширину около 200 м. Отмечена наибольшая для рудного поля протяженность как дайковых, так и рудных тел. Вероятно, наличие протяженных линейных разрывов предопределило образование вытянутых линейных структур аналогичного простирания во все последующие этапы геологического развития территории.

На объекте основное оруденение локализовано в телах золото-скарнового состава, однако выделены так же и рудные тела золото-сульфидно-кварцевого состава (представлены минерализованными дайками). В ряде случаев наблюдается пространственное совмещение рудных тел этих типов.

Месторождение Лог-26 на настоящий момент является наиболее перспективным из известных золоторудных объектов Топольнинского рудного поля. Здесь оценены и апробированы прогнозные ресурсы золота категории  $P_1 - 7$  т.

*Стратифицированные отложения*

Терригенно-карбонатные отложения на площади месторождения относятся к полатинской свите. Простираются тощи северо-западное, под углом 320–330° (Рисунок 15) при юго-западном падении под углом 70–85° (Рисунок 16).

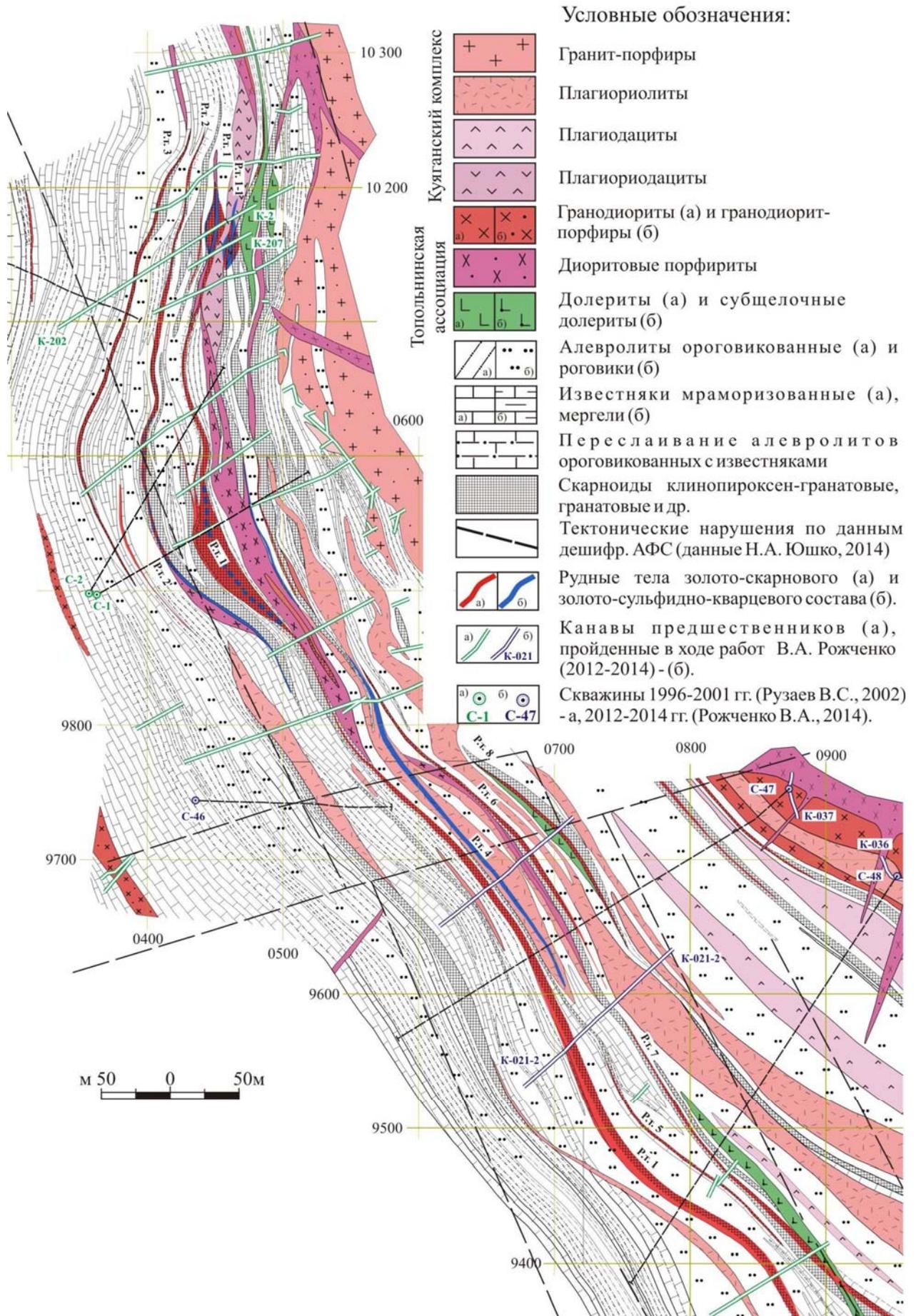
Строение рудовмещающей терригенно-карбонатной толщи, как и на месторождении Баяниха, резко неоднородное. Комплекс осадочных пород можно условно разделить на 3 пачки, вытянутые в субмеридиональном направлении, последовательно сменяющие друг друга с востока на запад. Первая пачка на востоке месторождения, вблизи Караминского массива, представлена ороговикованными алевролитами темно-коричневого цвета с прослоями роговиков светло-зеленого и зеленого цвета, общей мощностью 25-110 м. Наблюдается закономерное увеличение мощности пачки в юго-восточном направлении (Рисунок 15). Описываемые породы в целом аналогичны терригенным отложениям, локализованным на контакте Топольнинского массива на месторождении Баяниха.

Среди роговиков фиксируются горизонты скарноидов мощностью 0.8 – 3 м. Толща роговиков вмещает дайки риолитов, гранит-порфиров и дацитов куяганского комплекса, кварцевых диоритовых порфиритов, диоритовых порфиритов и долеритов топольнинской ассоциации.

Далее на запад располагается вторая пачка пород неоднородного строения, сложенная пластами и линзами ороговикованных алевролитов, скарноидов, роговиков, мраморов и метаморфизованных глинистых известняков (Рисунок 15). Её мощность меняется от 100-150 м в северной части до 70-110 в центральной и 50-70 в южной части. В этой пачке локализуются практически все рудные тела и тела скарноидов.

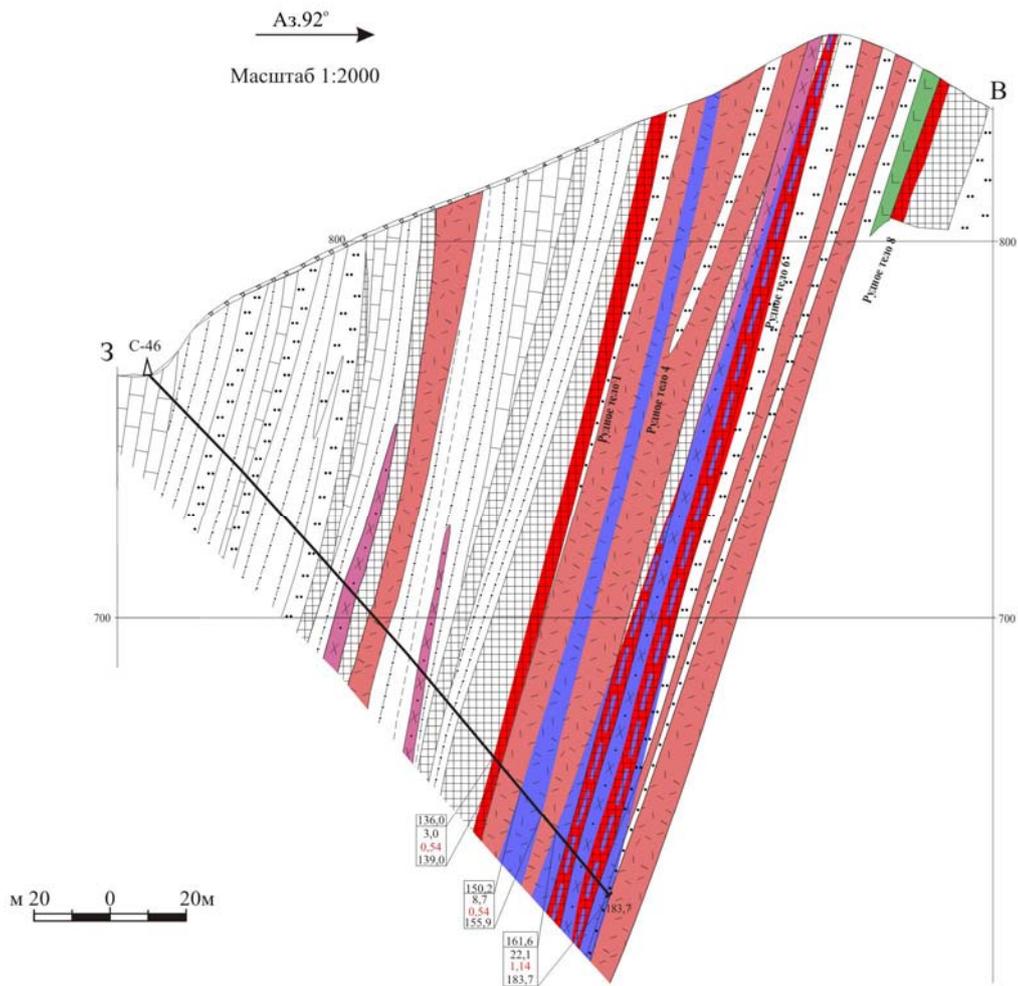
Протяженность линз различных пород составляет 60-170 – 1000 км при мощности 5-20 м, в среднем 10-15 м. Описываемая пачка сильно осложнена дайками риолитов, риодацитов, гранит-порфиров, порфировых дацитов куяганского комплекса, долеритов, диоритовых порфиритов топольнинского комплекса, на долю которых приходится в среднем 30-40% описываемой площади.

Роговики, выделенные в составе рассматриваемой пачки, имеют полосчатое и линзовидно-полосчатое строение и аналогичны роговикам, которые описаны выше в составе первой пачки. Доля собственно карбонатных пород в пачке закономерно увеличивается с востока на запад. Мощность пластов и линз мраморов составляет в среднем 5-20 м при протяженности 100-200 м. Породы светло-серые и серые, с участками темно-серого цвета, мелкозернистые. Иногда наблюдаются линзы мраморов среди ороговикованных алевролитов и роговиков. Карбонатные породы, которые были преобразованы скарноиды, по составу

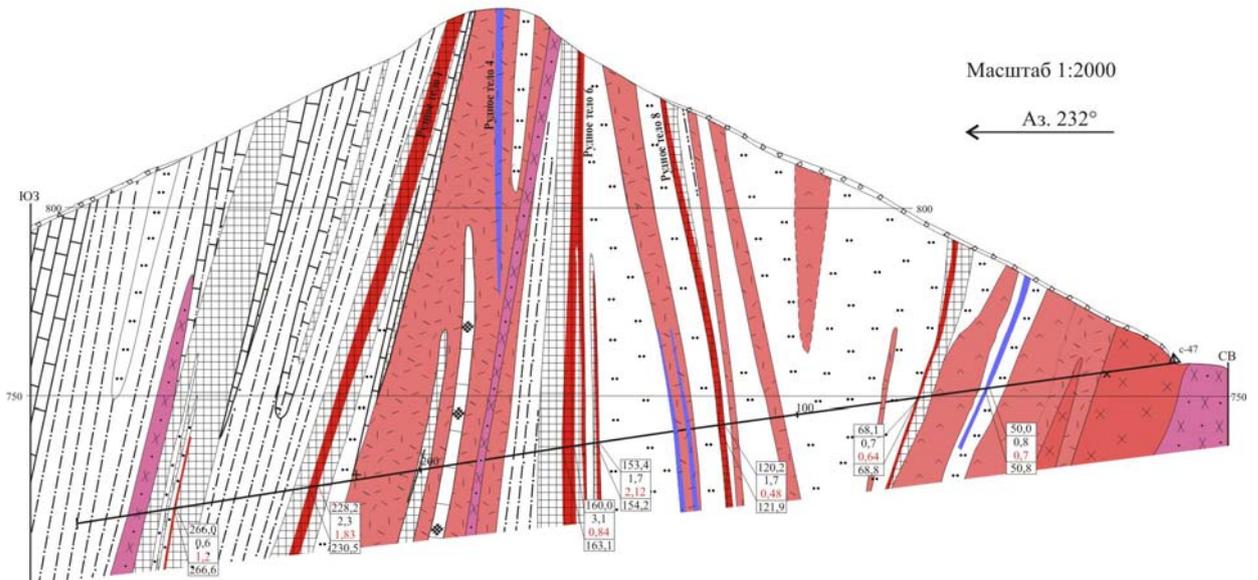


**Рисунок 15.** Геологический план месторождения Лог-26. По Рожченко и др., 2014; с изменениями и дополнениями автора.

## а) Геологический разрез проявления Лог-26 вдоль скважины С-46



## б) Геологический разрез проявления Лог-26 вдоль скважины С-47



**Рисунок 16.** Геологические разрезы месторождения Лог-26 по скважинам С-46 (а) и С-47 (б). По Рожченко и др., 2014, с изменениями и дополнениями автора. Условные обозначения на предыдущей странице.

отвечают глинистым известнякам, мергелям или известковистым алевролитам. В целом по составу и текстурно-структурным особенностям породы аналогичны скарноидам месторождения Баяниха. Подробнее их особенности описаны в Главе 3.

Далее к западу от рудовмещающей пачки находится третья пачка, представленная белыми, светло-серыми, серыми мраморизованными известняками с прослоями ороговикованных алевролитов (Рисунок 15).

Вероятно, первоначально неоднородное литологическое строение и частое чередование пород предопределило тектоническую нарушенность месторождения, которая впоследствии повлияла на внедрение даек «пестрого» состава в значительном количестве и оказалась благоприятной для локализации оруденения.

#### *Магматические образования*

Сопоставление магматических пород, вскрытых на месторождении, с породами Караминского массива, неоднозначно. Вероятно, к породам массива следует относить м/з-ср/з гранодиориты, которые расположены в самой восточной части объекта и прослежены на 20 м. Однако, учитывая, что на месторождении дайки имеют мощность до 70 м, вскрытый скважиной С-47 интервал гранодиоритов может вполне оказаться фрагментом одной из таких даек. Далее к востоку гранодиориты сменяются диоритовыми порфиритами (предположительно дайкой), которые имеют сложную морфологию, характеризуются наличием апофиз, ориентированных вквосток простирающихся осадочной толщи.

Комплекс даек имеет разнообразный, «пестрый» состав и отражает полихронное развитие описываемой области контакта Караминского массива: дайки относятся к более раннему куяганскому комплексу и более поздней топольнинской магматической ассоциации.

#### *Дайки куяганского комплекса*

В целом дайки конформны стратифицированным отложениям. На месторождении преобладают тела риолитов-гранит-порфиров. Дайки собственно риолитов имеют протяженность от 60 до 390 м при мощности от 1-2 м до 20 м, а тела риолитов-гранит-порфиров – более 800 м при мощности до 80 м. Гранит-порфирам отвечают, как правило, наиболее мощные части тел (Рисунок 15). В восточной части объекта гранит-порфиры с апофизами риолитов секутся дайками диоритовых порфиров второй фазы топольнинской ассоциации, что доказывает их принадлежность к породам куяганского комплекса. Наиболее мощные тела гранит-порфиров содержат ксенолиты роговиков размером до 10 м. В риолитах иногда фиксируются прослои скарнированных мраморизованных известняков. Простираение тел согласно с простираением осадочной толщи. Направление падения тел так же крутое и

преимущественно совпадает с направлением падения стратифицированных отложений – на запад и юго-запад под углами 70-85°.

Плагиориолиты и плагиориодациты представляют собой породы афирового и порфириового облика светло-серой, серой до зеленовато-коричневатой окраски. Порфириовые вкрапленники в количестве до 20% представлены преимущественно плагиоклазом и кварцем, реже КПШ и хлоритизированной роговой обманки. Вкрапленники погружены в тонкозернистую фельзитовую полевошпат-кварцевую массу. Породы имеют массивный или флюидальный облик. По некоторым риолитам развиты серицит-карбонат-кварцевые метасоматиты, иногда золотоносные (скважина С-47), сходные с таковыми на месторождении Баяниха.

Гранит-порфиры слагают наиболее мощные части даек риолитов (более 30 м). Они сложены порфириовидными выделениями кварца, полевых шпатов, роговой обманки и биотита и погружены в тонко- мелкозернистую основную массу аналогичного состава. Дайка собственно гранит-порфиров на юго-восточном фланге проявления имеет мощность 5-15 м и относится, возможно, к Топольнинской ассоциации.

Плагиодациты визуально сходны с риолитами. Они имеют преимущественно порфириовое строение, на долю вкрапленников приходится до 20-25% объема породы. На планах и разрезах (Рожченко и др., 2014) они определяются как тоналит-порфиры, однако их состав и текстурно-структурные особенности аналогичны дацитам проявления Баяниха. Вкрапленники имеют размер до 4 мм, сложены преимущественно таблитчатыми кристаллами плагиоклаза, реже кварцем, роговой обманкой и биотитом. Плагиоклаз замещается серицитом и клиноцоизитом (при этом плагиоклаз приобретает характерные зеленоватые окраски), роговая обманка и биотит – хлоритом. Вкрапленники погружены в тонкозернистую, до 0.1 мм массу коричневатой-серого цвета. Тела дацитов имеют мощность от 4 до 20 м при прослеженной протяженности 80-500 м.

Порфириовые андезиты представляют собой темно-серые с вишневым оттенком редкопорфириовые породы. Порфириовые вкрапленники размером до 2.0 мм представлены плагиоклазом (андезин), роговой обманкой и клинопироксеном, которые часто раздроблены и замещены вторичными минералами. Плагиоклаз имеет таблитчатый, призматический облик, в различной степени замещен мусковитом, сосюритом, карбонатом. Роговая обманка замещается хлоритом и биотитом. Бледно-зеленый клинопироксен замещается агрегатом амфибола и хлорита и наблюдается только в реликтовых формах. Основная масса пород имеет микролитовую структуру с лейстами плагиоклаза, размещенными в агрегате вторичных минералов с сочетанием хлорита, эпидота, амфибола, биотита. Наблюдаются прожилки тонковолокнистого амфибола, амфибол-эпидотового агрегата, моноклинного пироксена

мощностью до 5 мм и кварц-пироксенового агрегата. Однако в ходе последних исследований (Рожченко и др., 2014) было установлено, многие породы, определяемые ранее как андезиты, на самом деле оказались диоритовыми порфиритами.

#### *Дайки топольнинской ассоциации*

Представлены преимущественно диоритовыми порфиритами второй фазы внедрения, редкими телами гранодиорит-порфиров и долеритов.

Диоритовые порфириты слагают тела мощностью от первых метров до 12 м и протяженностью от 70 до 450 м. Для наиболее мощных тел характерно наличие апофиз. Тела в целом и их апофизы конформны осадочным отложениям. Однако встречаются дайки или апофизы даек, ориентированные вкрест простирания осадочным отложениям (под углом 30-90°), они имеют в одних случаях северо-западное простирание по азимуту 120/300°, в других – северо-восточное простирание по азимуту 15/20° (Рисунок 15).

Породы имеют темно-зеленовато-серую окраску и порфириновидное строение. В составе порфириновидных выделений размером до 4 мм преобладает плагиоклаз (до 70%), значительно меньшим распространением пользуется роговая обманка (до 30%), в количестве первых процентов встречается КПШ. На долю порфириновидных выделений приходится до 30% объема породы, они погружены в тонко- мелкозернистую массу, сложенную плагиоклазом и роговой обманкой. Дайка диоритовых порфиров, включая так же риолиты и скарны, входит в состав рудного тела, вскрытого скважиной С-46 (Рисунок 16а).

Долериты и кварцевые долериты – массивные зеленовато-серые породы с офитовой, микролитовой, реже порфириновой структурой. Слагают четыре тела: два в северной части проявления, одно в центральной и южной, мощностью 2-10 м и протяженностью 120-340 м. Конформны осадочным отложениям (Рисунок 15). Относятся к первой фазе внедрения.

Гранодиорит-порфиры локализованы в западной части проявления, слагают тела мощностью 5-10 м и протяженностью около 80 м. Относятся ко второй фазе внедрения.

В целом дайки конформны простиранию осадочной толщи. Наибольшее количество даек разнообразного состава приурочено к средней, рудовмещающей пачке пород, хотя самые мощные тела фиксируются среди роговиков и ороговикованных алевролитов в восточной части проявления. Характерны четкие, линейные контакты с вмещающими породами и скарноидами.

Значимые золоторудные пересечения получены по фрагментам даек риолитов, дацитов, диоритовых порфиров в области их пространственного совмещения с золотоносными скарнами (Рисунок 16).

#### *Скарнированные породы*

Тела скарноидов приурочены главным образом к средней, терригенно-карбонатной

пачке пород неоднородного состава, так же как и наиболее разнообразные по составу дайки и рудные тела. Отдельные тела скарноидов фиксируются в пачке роговиков на востоке проявления и связаны, вероятно, с отдельными горизонтами известняков в терригенной толще. Скарноиды слагают линзо-, чаще пластообразные тела, нередко соединяющиеся друг с другом, мощностью от 2 до 10-15, реже до 20 м в раздувах (в плане) при длине до 500, наиболее протяженное тело с раздувами и пережимами прослеживается горными выработками до 1000 м. Тела скарноидов в основном сближены, расстояние между ними составляет 10-30 м, редко до 70 м.

Простираание пород согласуется с простираанием осадочной толщи и конформно дайкам. Падение тел от запад-северо-западного (на севере проявления) до юго-западного (на юге проявления) под углом 70-85°, редко субвертикальное (Рисунок 16б), согласное с падением толщи. Тела скарноидов в целом удалены от контакта с породами массива на расстояние 80-250 м, ближайшими к породам массива являются скарноиды в толще роговиков, расположенные на расстоянии 30-50 м от них. По вещественному составу и текстурно-структурным характеристикам метасоматиты аналогичны скарноидам проявления Баяниха: линзы, пятна и полосы светло-коричневой, оранжевато-коричневой окраски сложены скарнами, а вмещающие их скрытозернистые бледно-зеленые породы – ороговикованными и скарнированными мергелями и известковистыми алевролитами. В целом эти породы называются скарноидами, на долю собственно скарнов приходится от 10 до 60% объема пород. Они имеют пятнистое, пятнисто-полосчатое строение, наследуя, вероятно, полосчатость исходных осадочных пород. Более подробно состав скарнов рассмотрен в Главе 3.

С дайками контакты скарноидов обычно резкие, четкие, зональность как правило отсутствует. Близость даек в целом не оказывает влияния на мощность и протяженность тел скарноидов: мощные тела метасоматитов устанавливаются даже на значительном удалении (до 40 м) от дайковых тел. Все это говорит об инфильтрационной природе метасоматитов и их связи со скрытым на глубине фрагментом Караминского массива. Скарновые тела встречаются в восточной и центральной части месторождения и практически не фиксируются в западной, хотя эта часть месторождения благоприятна для их образования, так как сложена преимущественно мраморизованными известняками. Как и на месторождении Баяниха, для интенсивного скарнообразования на месторождении Лог-26 имели место следующие благоприятные предпосылки:

- 1) наличие мощной (50-150 м) и протяженной (более 1 км), крутопадающей пачки осадочных преимущественно известковистых пород неоднородного строения (чередование известняков, глинистых известняков, алевролитов, мергелей), которая является благоприятной средой для скарнообразования из-за высокой доли карбонатного вещества;

2) частое чередование литологически разных пород создает благоприятную обстановку для формирования тектонических зон и зон повышенной проницаемости, которые необходимы для проникновения флюидных и рудных растворов;

3) исходная тектоническая нарушенность территории объекта, которая определяется наличием мощной, 500-600 м и протяженной тектонической зоны северо-западной ориентировки. Тектоническая нарушенность предопределяет обилие даек «пестрого» состава;

4) наличие падающего под осадочную толщу Караминского массива диоритов-гранодиоритов, который и являлся источником флюидных и рудных растворов.

### *Морфология и состав рудных тел*

Основное промышленное оруденение приурочено к скарнированным породам (скарноидам, в различной степени скарнированным известковистым алевролитам и роговикам). Повышенные и промышленно-значимые содержания золота установлены так же в дайках риолитов (С-46, К-020), андезитов (1К-201, 1К-207), диоритовых порфиритов (С-46, 1К-201) и роговиках (1с-1, 1с-2, 1к-238, к-021-1, 1к-238, к-021-1). Характерно, что в отличие от других объектов, на Логе-26 рудные пересечения часто выходят за литологические границы скарноидов в другие породы. Горными выработками установлены зоны совмещения золотоносных пород: скарноидов и роговиков; скарноидов, диоритовых порфиритов и андезитов; скарноидов, риолитов и диоритовых порфиритов.

Практически все рудные тела приурочены, как и скарны, к средней пачке осадочных пород, которая характеризуется наиболее сложным литологическим составом и наибольшим количеством даек. Форма рудных тел – линзовидная, пластовая, иногда чётковидная, с раздувами. Рудные тела конформны скарнам, породам осадочной толщи, главному направлению разрывных нарушений и дайкам. Орудение локализовано, как правило, в приконтактовых частях даек, хотя известны рудные тела и внутри них (Рисунок 16а).

Как и на других объектах рудного поля, рудные тела достоверно выделяются только по результатам опробования, иногда их положение подчеркивает сульфидная вкрапленность и интенсивное окварцевание пород. С учетом последних работ на объекте выделяется 9 рудных тел (Рожченко и др., 2014).

Содержания золота по отдельным пробам варьируют в широких пределах: от десятых долей г/т до 40.2 г/т. Параметры рудных пересечений так же сильно изменчивы: мощность от 1 м до 16-22 м в раздувах при содержаниях от 0.56 до 7.23 г/т. Как правило, содержания золота по пересечениям не превышают 1.5-2 г/т.

Ниже более подробно дана характеристика рудного тела №1. Это наиболее протяженное и детально изученное рудное тело длиной около 800 м при изменении мощности от 1 до 22 м

выделяется в скарноидах с такими же максимальными параметрами мощности и протяженности. Непосредственно вблизи рудного тела №1 фиксируются прерывистые в плане и в целом маломощные короткие рудные тела-саттелиты №1-1 и 1-2. Для главного рудного тела характерны раздувы, приуроченные к раздуву скарнов или к области пересечения тектонических нарушений субмеридиональной и северо-восточной ориентировки (Рузаев и др., 2002; Рожченко и др., 2014). Возможно, что раздув тела скарнов связан не только с увеличением мощности пачки-протолита, но так же с наличием в этой части зоны пересечения разнориентированных разрывов, которые создавали область повышенной проницаемости.

Два раздува фиксируются в северной части месторождения в непосредственной близости друг от друга (3 м), в рудных телах №1 и 1-1. Первый (вскрыт канавой 1К-203) характеризуется наложением золоторудной минерализации на скарноиды, скарнированные роговики и диоритовые порфириты. Максимальные содержания золота (до 40.2 г/т) приурочены к скарнированным роговикам вблизи дайки, в диоритовых порфиритах содержания золота 6 и 11.2 г/т установлены только в эндоконтактах, в то время как центральная её часть безрудная. Раздув рудного тела №1-1 связан с наложением золоторудной минерализации на скарноиды и скарнированные роговики, диоритовые порфириты и андезиты. Причем раздуву соответствуют и максимальная мощность 16 м и максимальное содержание по сечению 7.23 г/т. Максимальное содержание золота 34 г/т установлено в эндоконтакте дайки диоритовых порфиритов, а в скарнированных разностях не превышает 5.6 г/т (Рузаев и др. 02ф). В целом можно отметить, что максимальные содержания золота тяготеют к эндо- и экзоконтактовым частям даек, что объясняется большей проницаемостью и нарушенностью этих областей.

Внутри мощного пересечения по эпидот-гранатовым скарноидам и скарнированным роговикам (1.9 г/т на 22.1 м, раздув рудного тела №1, канава 1К-203/1) содержания золота достигают 9.5 г/т (Рузаев, 2002ф), но каких-либо закономерностей в распределении содержаний не обнаруживается.

Еще одно мощное пересечение (1.14 г/т на 22,1 м; раздув рудного тела №6) было вскрыто скважиной С-46 (Рожченко, 2014ф). Представлено скарноидами, диоритовыми порфиритами и риолитами (Рисунок 16а). Характерно, что наиболее высокие содержания, от 1 до 3.22 г/т тяготеют к скарноидам и области чередования скарноидов и риолитов. В последних, за исключением упомянутой области чередования, содержания золота обычно не превышают 1 г/т. В диоритовых порфиритах максимальное содержание составляет 0.46 г/т.

Таким образом, **второй наиболее перспективный тип** объектов, где наряду с золото-скарновым проявлено золото-сульфидно-кварцевое оруденение, характеризуется набором общих черт (благоприятных факторов), которые предопределили образование протяженных, выдержанных по простиранию скарновых и рудных тел:

- нахождение вблизи контакта массива пачек терригенно-карбонатных и карбонатных пород, простирание которых конформно простиранию контакта массива;
- литологическая неоднородность с частым чередованием алевролитов, известняков, известковистых алевролитов, мергелей, что предопределяет тектоническую ослабленность области экзоконтакта массива и, следовательно, повышенную проницаемость толщи для рудоносных растворов;
- наличие вблизи массива зоны линейных разрывов северо-западного и север-северо-западного простирания, конформных простиранию осадочных отложений и контакту массива, что создает благоприятные условия для проникновения и разгрузки рудоносных растворов с образованием скарнов, пропилитов, карбонат-серицит-кварцевых метасоматитов и последующим рудоотложением;
- наличие поперечных разрывов северо-восточной ориентировки, приводящих к образованию раздувов рудных тел (месторождение Лог-26);
- падение контакта массива под осадочный чехол (месторождения Лог-26, Баяниха), что более благоприятно для метаморфического прогрева толщи и последующего метасоматоза, чем субвертикальные контакты (проявление Пропаций Лог);
- наличие разновозрастных даек «пестрого» состава (куяганского комплекса и топольнинской ассоциации), свидетельствующее о длительной тектонической активности в пределах объектов;

Вещественный состав руд объектов первого и второго типа рассмотрен в Главе 3.

### ГЛАВА 3. МИНЕРАЛОГО-ГЕОХИМИЧЕСКАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА ЗОЛОТО-СКАРНОВОГО И ЗОЛОТО-СУЛЬФИДНО-КВАРЦЕВОГО ОРУДЕНЕНИЯ

Первые данные о вещественном составе и геохимической характеристике руд золото-скарновых проявлений Топольнинского рудного поля получены при проведении геолого-съемочных и геолого-поисковых работ (Розен, 1957ф; Якупов, 1970ф; Рузаев, 2002ф). В результате были изучены не только золото-скарновые объекты, но и выявленные в этот период жилы и жильно-прожилковые зоны золото-сульфидно-кварцевого состава (Якупов, 1970ф). Однако основные данные, характеризующие минералого-геохимические свойства золоторудных проявлений рудного поля были получены при проведении более поздних горных и горно-буровых работ, а главное – тематических исследований. Так в ходе тематических работ 2012-2014 гг., проводившихся сотрудниками Томского политехнического университета было выполнено комплексное изучение шлифов и аншлифов, дана подробная характеристика минералов и текстурно-структурных особенностей наиболее распространенных гранатовых и пироксен-гранатовых скарнов, изучена рудная минерализация, выполнены микрорентгеноспектральные исследования скарновых и рудных минералов, выявлен ряд неизвестных в рудном поле минералов, разработана схема последовательности минералообразования. Установлено, что гранат относится кgrossуляр-андрадитовому ряду (60% grossулярового минала), а пироксен – диопсид-геденбергитовому ряду (62% диопсидового минала), а так же определены рудные минералы: цумоит, герсдорфит, киноварь, галенит, сфалерит, молибденит. Авторы связывают формирование золоторудных тел с зонами березитизации скарнов (Ворошилов и др. 2014ф).

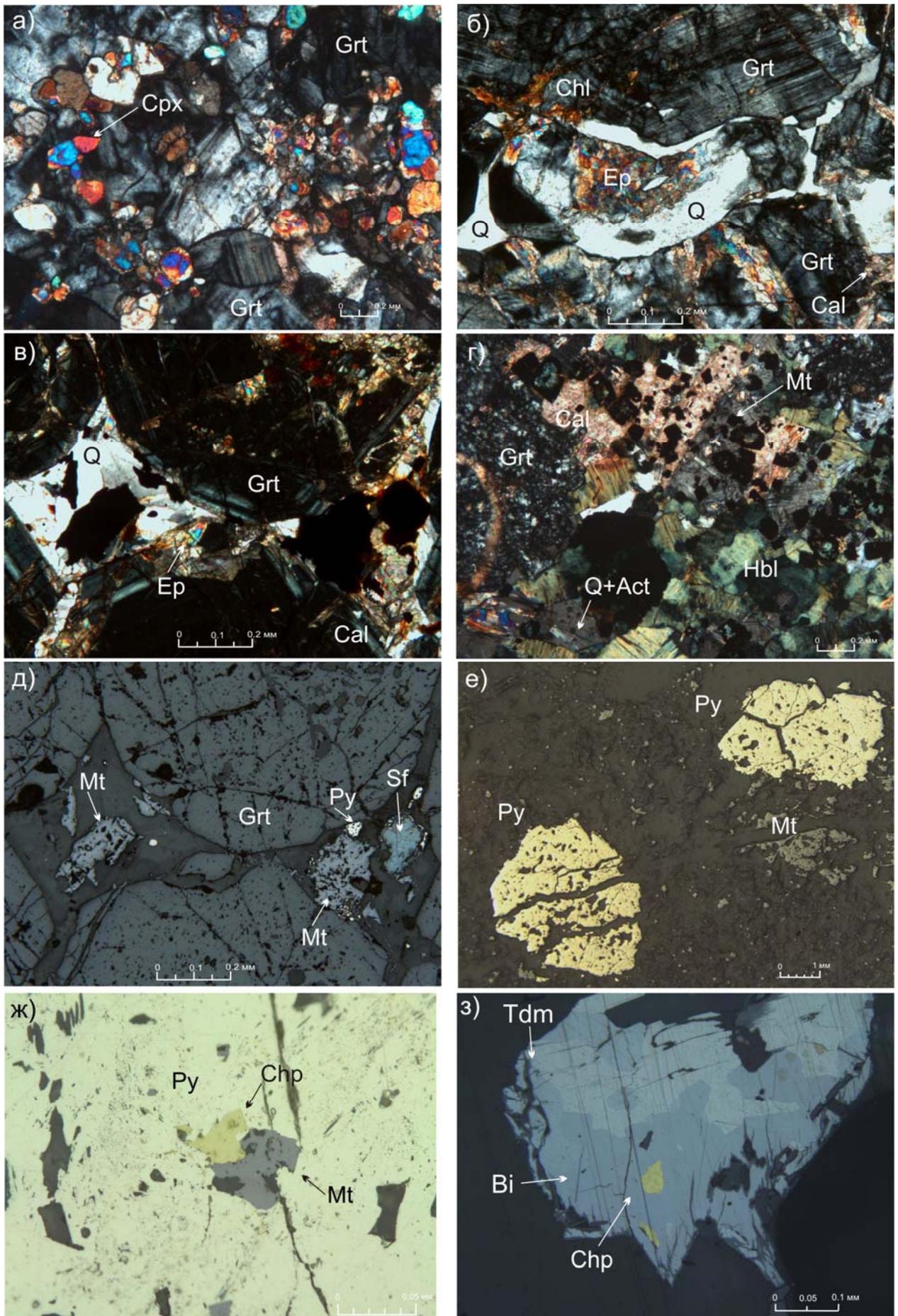
Специализированные исследования, проводившиеся автором, ставили целью изучение минералого-геохимических характеристик золоторудных объектов, принадлежащих **первому** (проявление Сухая Грива) и **второму** (месторождения Баяниха, Лог-26) типам. Проводившиеся исследования включали документацию интервалов горных выработок и скважин, вскрывших тела золотоносных скарнов, скарноидов и жильно-прожилковых зон золото-сульфидно-кварцевого состава, с отбором и последующим изучением материала (шлифы, аншлифы, протолочки и др.).

### 3.1. Минералого-геохимическая характеристика объектов первого типа

#### 3.1.1. Вещественный состав гидротермально-измененных пород и руд проявления Сухая Грива

Одним из характерных и достаточно детально изученных представителей этого типа является проявление Сухая Грива, расположенное с северо-западной части рудного поля (Розен, 1957; Рузаев и др., 2002; Ворошилов и др., 2014; Гусев, 2013). Изучение вещественного состава золотоносных скарнов показали, что в его пределах доминируют скарны, имеющие инфильтрационную природу при ограниченном развитии биметасоматических разностей (Бедарев, Гусев, 1998). Инфильтрационные скарны, образующие мощные тела, сложены преимущественно пироксен-гранатовой ассоциацией (скважины С-32, С-33, канава К-02-1) при подчиненном значении роговообманково-гранатовой ассоциации.

В результате выполненных исследований с учетом работ предшественников (Гусев, 2013) выделяется 3 генерации **граната**. **Гранат I** представляет собой мелкие, менее 0.1 мм зерна, как правило, изотропные, образующие тонкозернистые агрегаты в ассоциации с клинопироксеном (Рисунок 17г). В целом, на проявлении Сухая Грива гранат I проявлен ограниченно и выделение его в отдельную генерацию весьма условно (поскольку отсутствуют четкие взаимоотношения с более поздними генерациями). Выделение в самостоятельную генерацию основано на аналогии с месторождениями Лог-26 и Баяниха, где ранний гранат I имеет более тонкозернистое строение по сравнению с поздним гранатом II, который встречается в линзах и неправильной формы обособлениях. Вероятно, здесь он почти полностью был перекристаллизован в ходе дальнейшего процесса метасоматоза. Наибольшим распространением пользуется **гранат II**, который образует хорошо сформированные кристаллы, их фрагменты, полигональные выделения, зерна неправильной формы размером 0.1-2 мм, их скопления (Рисунок 17а). Для кристаллов, фрагментов и зерен характерна анизотропия, отчетливо проявленная зональность и секториальное строение. Иногда минерал изотропен. Центральная часть может замещаться эпидотом. Для этой генерации граната характерны включения отдельных мелких пойкилобластов клинопироксена и их скоплений, более крупных призматических кристаллов (Рисунок 17а). Довольно часто гранат трещиноват, а образовавшиеся трещины заполнены карбонатом, хлоритом, реже эпидотом и кварцем (Рисунок 17б, в). Гранат является преобладающим минералом скарнов, его количество достигает 90%, редко уменьшаясь до 5% в наиболее измененных клинопироксен-гранатовых



**Рисунок 17.** Вещественный состав золотоносных скарнов проявления Сухая Грива.

К **рисунку 17.** а) пойкилобласты клинопироксена в гранате (клинопироксен-гранатовый пропилитизированный скарн, С-32-134.8). Николи +, б) карбонат-хлорит-кварц-эпидотовая пропилитоподобная ассоциация в интерстициях граната (роговообманково-гранатовый пропилитизированный скарн, С-32-88.3). Николи +, в) кальцит-эпидот-кварцевая (пропилитоподобная) ассоциация с магнетитом и пиритом (гранатовый скарн пропилитизированный, К-02-2-48.8). Николи+, г) вкрапленность октаэдрического магнетита, кородирующего роговую обманку (пропилитизированный гранатовый скарн, С-32-107.4). Николи +, д) тоже, что и в), отраженный свет. Николи ||, е) метакристаллы пирита и вкрапленность магнетита в скарне (актинолит-карбонатный пропилит с гранатом, С-33-96.2). Николи ||, ж) срастание магнетита и халькопирита в пирите (С-33-96.2). Николи ||, з) халькопирит в висмутине с тетрадимитом (пропилитизированный гранатовый скарн, бороздовая проба 3140, К-02-1. Монтир. полир. шлиф). Николи ||, Обозначения минералов см. в списке принятых сокращений. *Spx* - клинопироксен, *Grt* - гранат, *Ep* - эпидот, *Chl* - хлорит, *Cal* - кальцит, *Q* - кварц, *Act* - актинолит, *Hbl* - роговая обманка, *Mt* - магнетит, *Pu* - пирит, *Sf* - сфалерит, *Tdm* - тетрадимит, *Vi* - висмутин, *Chp* - халькопирит.

породах. **Гранат III** выделяется так же весьма условно и имеет очень ограниченное распространение. Он слагает изотропные прожилки мощностью около 0.2 мм, секущие гранат II.

**Клинопироксен** образует короткопризматические кристаллы, зерна размером до 0.1-0.2 мм и агрегаты зерен. Как правило, он рассеян в гранате, образует мелкие пойкилобласты или же слагает скопления зерен в гранате (Рисунок 17а). Часто интерстиции между зернами заполняет масса лимонитизированного хлорита. В пропилитизированных разностях минерал ассоциирует с актинолитом и цементируется кварцем, что наблюдается и на месторождении Баяниха. Количество клинопироксена достигает 15%.

**Роговая обманка** слагает зерна неправильной формы, вытянутые, полигональные кристаллы размером до 0.1-0.5 мм с отчетливым плеохроизмом от зеленовато-желтого до зеленого, скопления зерен и кристаллов, часто в ассоциации с эпидотом (Рисунок 17г). Возможно, роговая обманка замещает клинопироксен. Иногда минерал образует мирмекитоподобные вкрапления в кварце. По роговой обманке часто развит актинолит, иногда до образования полных псевдоморфоз. Вокруг роговой обманки часто развиты каймы магнетита (оппацификация). Роговая обманка появляется спорадически, проявлена реже клинопироксена, ее максимальное количество находится на уровне 5-10%, а распределения неравномерное.

Структура скарнов гранобластовая, гетерогранобластовая, текстура массивная, пятнистая, ситовидная. Видимо, гранат, клинопироксен, роговая обманка и волластонит исчерпывают список собственно скарновых минералов. Ассоциирующие с ними прочие минералы (эпидот, актинолит, хлорит, кварц, карбонат), согласно представлениям большинства авторов (Коробейников, Зотов, 2013; Жариков, 1985) следует связывать с постскарновыми пропилитоподобными метасоматическими процессами.

Ассоциация минералов постскарновых пропилитоподобных изменений состоит из актинолита, эпидота, хлорита, карбоната и кварца.

**Актинолит** весьма характерен для проявления Сухая Грива. Он часто тесно ассоциирует с роговой обманкой, замещая ее. При этом он образует игольчатые кристаллы, скопления кристаллов размером 0.1-0.3 мм, редко более. Часто иголки актинолита цементируются кварцем (Рисунок 17г). Актинолит замещается хлоритом, его количество достигает 35% в наиболее интенсивно измененных породах, где он тесно ассоциирует с кальцитом. По трещинам спайности актинолита, как по ослабленным зонам, фиксируется магнетит.

**Хлорит** образует скопления листочков, часто лимонитизированных, заполняя пространство между зернами клинопироксена, или же замещает роговую обманку или актинолит. Хлорит так же развит по трещинам в гранате, часто ассоциирует с эпидотом (Рисунок 17б). Количество хлорита обычно не превышает 5%, редко достигая 30% в наиболее измененных разностях пород.

**Эпидот** сравнительно редок, его количество не превышает 5%. Он образует выделения и скопления неправильной формы, до 0.2-0.5 мм. Часто развит по трещинам в гранате, ассоциирует с карбонатом, кварцем, хлоритом (Рисунок 17б,в).

**Кальцит** в породах заполняет тончайшие, в сотые доли мм, трещины в гранате или же образует волосовидные прожилки мощностью до 0.1 мм. Это так называемый кальцит II, выделяемый предшественниками (Ворошилов и др., 2014). Кальцит так же образует отдельные зерна размером более 0.1 мм, вместе с кварцем слагает линзы и неправильной формы обособления размером до 1.0-1.5 мм, реже прожилки, цементирует клинопироксен, актинолит и все прочие минералы (Рисунок 17г). Такой кальцит можно соотнести с кальцитом III, выделяемый предшественниками (Ворошилов и др., 2014). В существенно карбонатных породах, где этот минерал слагает основную ткань, его количество может достигать 45%, но в целом обычно не превышает 5-20%.

**Кварц** часто образует тонкие волосовидные прожилки по трещинам в гранате аналогично кальциту II или же выполняет межзерновое пространство ранее образованных минералов (гранат, роговая обманка), ассоциируя с эпидотом и хлоритом (Рисунок 17б-г). Так же минерал образует сравнительно крупные зерна, до 0.3-0.4 мм, часто в ассоциации с кальцитом, образуя линзы и обособления неправильной формы, часто содержит при этом включения игольчатого актинолита. В целом форма кварца преимущественно интерстициальная, подчиняется морфологии образовавшихся ранее минералов.

**Мусковит**, описанный предшественниками (Ворошилов и др., 2014ф; Савинова, 2014) и характерный для березитоподобных изменений, встречен лишь в единичных шлифах и в резко подчиненном количестве.

Ассоциация минералов, в которую входят **актинолит, хлорит, карбонат и кварц**, судя по взаимоотношению со скарновыми минералами, является более поздней и

отвечает процессу постскарновых пропилитоподобных изменений. Эпидот, впрочем, может относиться как к скарновым, так и к пропилитовым минералам (Коробейников, Зотов, 2013; Жариков, 1998), но его соотношения с гранатом и клинопироксеном (развит по трещинам), тесная ассоциация с карбонатом и кварцем говорят о его более позднем формировании. Кварц-карбонатные линзы, прожилки и неправильной формы обособления, вероятно, фиксируют завершение этого процесса.

### Рудные минералы

Рудная минерализация характеризуется крайней убогостью и неравномерностью распределения, суммарное количество сульфидов обычно не превышает 2-3%. Характерно наличие минералов меди (**халькопирит, борнит, халькозин**), описанных предшественниками, вкрапленности магнетита, рассеянной редкой вкрапленности **висмутита и тетрадимита** (установлены при промывке хвостов бороздовых проб).

**Магнетит** является наиболее распространенным рудным минералом. На золото-скарновых рудных полях формирование основной массы магнетита происходит непосредственно после формирования скарнов (Коробейников, Зотов, 2013). В связи с этим, магнетит, формирующий идиоморфные октаэдрические кристаллы размером 0.1-0.3 мм, сплошные выделения размером 3-5 мм в интерстициях скарновых минералов и корродирующий роговую обманку можно считать ранним **магнетитом-I** (Рисунок 17г).

Магнетит, развитый по трещинам актинолита, ассоциирующий с постскарновыми карбонатом, хлоритом и кварцем формирует более позднюю генерацию **магнетита-II**, которая входит в состав **магнетит-халькопирит-пиритовой ассоциации**.

**Халькопирит** в составе этой ассоциации образует сростания с магнетитом-II или мельчайшую эмульсионную вкрапленность в последнем (Рисунок 17ж). Реже халькопирит образует неправильные выделения размером менее 0.1 мм. Метакристаллы изометричного **пирита**, размером до 3-4 мм, заключают в себе более ранний **магнетит-II с халькопиритом**, образуя редкую вкрапленность в пропилитизированных скарнах (Рисунок 17ж). Иногда магнетит цементируется кварцем или карбонатом (Рисунок 17в-д), или тяготеют к актинолиту и хлориту.

С формированием апоскарновых пропилитоподобных изменений так же связано образование продуктивной **золото-I-халькопирит-тетрадимит-висмутиновой ассоциации**. **Висмутин и тетрадимит**, образующие взаимные сростания, установлены в виде зерен размером 1-2 мм. В висмутине установлены обособления **халькопирита** размером 0.1-0.2 мм. По данным предшественников (Ворошилов и др., 2014) эмульсионная вкрапленность **халькопирита** зафиксирована так же в сфалерите. Установлены сростания **золота-I** пробностью 879-890‰ с висмутином и тетрадимитом, но включений золота в самих минералах

не обнаруживается.

**Золото-II** пробностью 774-835‰ так же формируется в связи с образованием апоскарновых пропилиитоподобных изменений, но не образует сростаний с какими-либо рудными минералами. Минералы меди установлены в хвостах проб в виде отдельных зерен, в связи с чем отнесение их к какой-либо ассоциации затруднительно.

В целом на проявлении Сухая Грива рудные минералы проявлены ограниченно и распространены крайне неравномерно и имеют спорадический характер распространения, не обнаруживая при этом каких-либо явных закономерностей. В то же время установлено, что по отношению к скарнам рудные минералы являются более поздними и тяготеют к пропилиитоподобной ассоциации минералов, хотя макро выделяемые (по наличию кальцита, эпидота и др. минералов) зоны максимально измененных скарнов могут и не содержать сульфидной вкрапленности. Аналогичные закономерности устанавливаются и для распределения золота: зоны максимального изменения пород и зоны наибольшего развития сульфидов не обязательно отвечают золоторудным интервалам. В целом такая неоднородность в распределении золотого оруденения характерна для объектов золото-скарновой субформации, что можно объяснить избирательной приуроченностью золота к трещинам и неоднородностям.

По результатам выполненных исследований, с учетом данных предшественников, можно заключить, что практически все золотое оруденение на проявлении сосредоточено в скарнах с редкой и убогой сульфидной вкрапленностью, на которые в различной степени наложены пропилиитоподобные изменения (эпидот, актинолит, хлорит, кварц, карбонат).

### **3.1.2. Геохимическая характеристика золотого оруденения проявления Сухая Грива**

#### Характеристика вторичных ореолов рассеяния

В ходе работ 2012-2014 гг. (Рожченко и др., 2014) на всей площади Топольнинского рудного поля были проведены литохимические поиски по вторичным ореолам рассеяния масштаба 1:25 000 по сети 250x50. Проявление Сухая Грива, как одно из перспективных, было покрыто геохимической съемкой по сети 100x20 м.

Во вторичных геохимических полях проявление выражено обширной аномалией золота неправильной формы, которой соответствуют содержания золота 4-9 мг/т. Внутри неё выделяются аномалии, оконтуренные по более высоким значениям (10-90 мг/т, более 100 мг/т), которые имеют неправильную или удлиненную в субширотном направлении форму. Наиболее контрастные аномалии локализованы в центральной и восточной части проявления, то есть соответствуют области наиболее интенсивного оруденения.

Вольфрам образует обширную аномалию, оконтуренную по диапазону значений 1.5-2.9 г/т. Контур этой аномалии хорошо согласуется с контуром аномалии золота (по нижнему диапазону значений содержаний золота 4-9 мг/т) и так же повторяет контур проявления.

Аномалия висмута по самому нижнему диапазону концентраций 0.55-0.99 г/т, так же как аномалии золота и вольфрама, повторяет контуры проявления. Максимально контрастные аномалии висмута (по диапазону значений 1.0-9.9 г/т, 10.0-99.0 г/т) локализованы в центральной и юго-восточной части проявления, тяготея к области наиболее интенсивного оруденения.

Аномалии свинца фиксируются в восточной, а аномалии меди – в юго-восточной части проявления. Аномалии свинца неконтрастные, оконтурены по диапазону значений 25-99 г/т. Аномалии меди более контрастные – внутри крупных ореолов, оконтуренных по диапазону значений 50-99 г/т, выделяются аномалии по диапазону 100-999 г/т. Причем аномалии меди повторяют контуры аномалий золота; некоторые аномалии свинца вытянуты в северо-западном направлении. Расположение аномалий меди маркирует зону наиболее интенсивного развития скарнов. Вероятно, образование вторичных ореолов меди происходило за счет разложения медных минералов (халькопирита, борнита и халькозина), которые установлены в виде неравномерной вкрапленности в скарнах (Розен, 1957; Рузаев и др., 2002).

Сурьма образует неконтрастные аномалии северо-западного простирания, расположенные в западной и северо-западной частях проявления (контур по диапазону содержаний 2.0-9.0 г/т). Молибден слагает единичные разрозненные аномалии (контур по диапазону содержаний 1.5-9.9 г/т). Серебро образуют отдельные аномалии северо-западного простирания преимущественно в центральной части проявления (контур по диапазону значений 0.1-0.4 г/т). Аномалии мышьяка практически отсутствуют.

Таким образом, с вторичными аномалиями золота совпадают вторичные аномалии висмута, вольфрама и меди, причем более контрастным аномалиям золота соответствуют более контрастные аномалии висмута. Свинец, олово и серебро формируют аномалии в южной и восточной частях проявления, то есть так же пространственно тяготеют к зоне наибольшего оруденения. Сурьма образует ореолы в той части проявления, где оруденение не установлено.

#### Характеристика известных рудных тел во вторичных ореолах по результатам опытно-методических работ

Опытно-методические работы ФГУП ИМГРЭ 2012-2014 гг., включавшие литохимическую съемку по вторичным ореолам рассеяния по сети 100x20 м, проводились над известными телами золоторудных скарнов проявления-эталона Сухая Грива (Юшко и др., 2014). В зоне ближнего эндо-экзоконтакта массива гранитоидов, в районе рудных тел 2 и 3,

достаточно отчетливо проявлено крупное аномальное геохимическое поле-1 (АГХП-1), включающее относительно узкие аномальные поля золота, серебра, меди, висмута, вольфрама и цинка (Рисунки 18-20). Аномальное поле не замкнуто с северо-запада, где развиты вторичные аномалии мышьяка и ртути, вероятно, отражающие его фронтальную часть. В составе АГХП-1 преобладают золото и висмут при повышенных значениях коэффициента концентрации вольфрама, меди и серебра, что сближает его с вторичными ореолами, развитыми в экзоконтактной зоне гранитоидного массива на участке Баяниха (Рисунки 18-20). Ранжированный ряд элементов по коэффициенту концентрации имеет вид: **Au-Bi-W-Cu** (Юшко и др., 2014 ф).

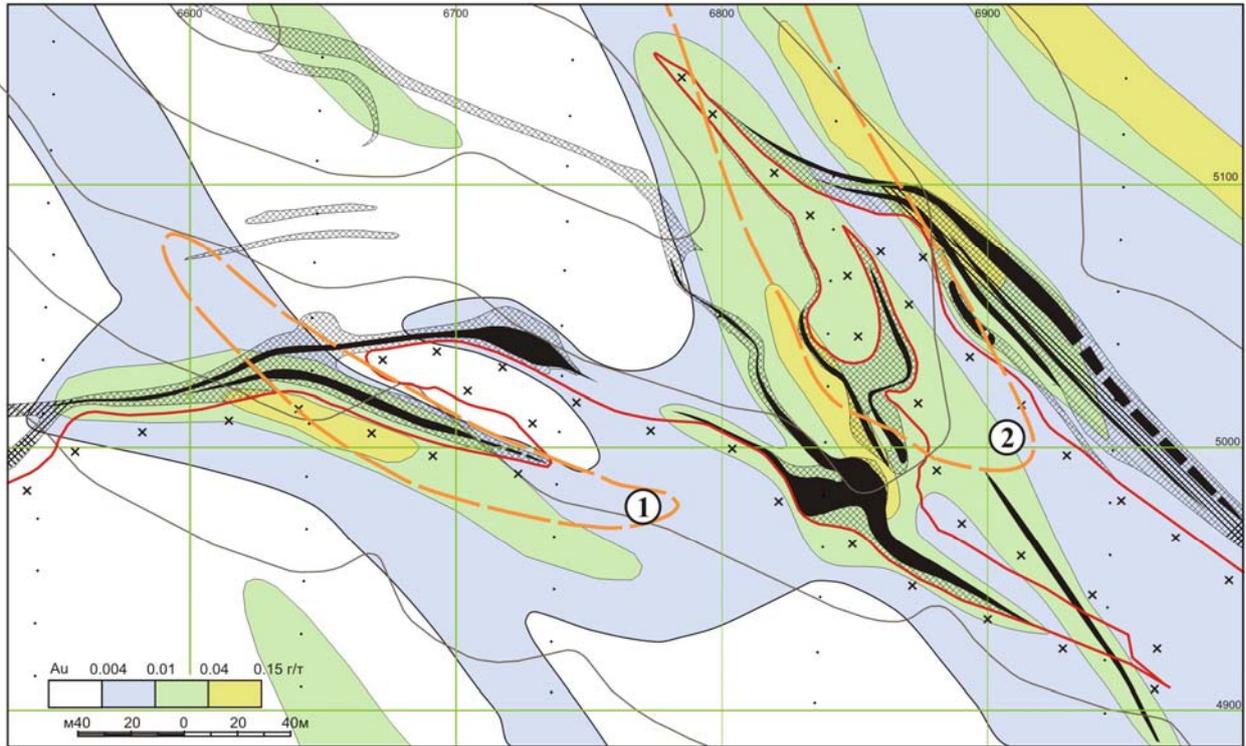
АГХП-2 выделяется в участке развития скарновых тел сложной морфологии, в районе апофизы тоналит-порфиров северо-западного простирания. В пределах АГХП-2 развиты площадные литохимические аномалии золота и висмута и узколинейные аномалии серебра, меди и цинка. На крайнем северо-западе, где АГХП-2 так же, как и АГХП-1, не замкнуто, развиты ореолы мышьяка и ртути. Для аномального поля характерен **Au-Bi-Cu-W** состав с повышенным содержанием серебра, что сближает его с вторичными ореолами, развитыми в экзоконтактной зоне гранитоидного массива на проявлении Баяниха (Рисунки 18-20).

Таким образом, результаты опытно-методических работ на территории максимального оруденения в целом подтверждают данные литохимической съемки всего участка и позволяют говорить о развитии **Au-Bi-Cu-W** аномального поля. На прямую корреляцию золота с висмутом, медью и серебром указывают работы предшественников (Рузаев, 2002ф).

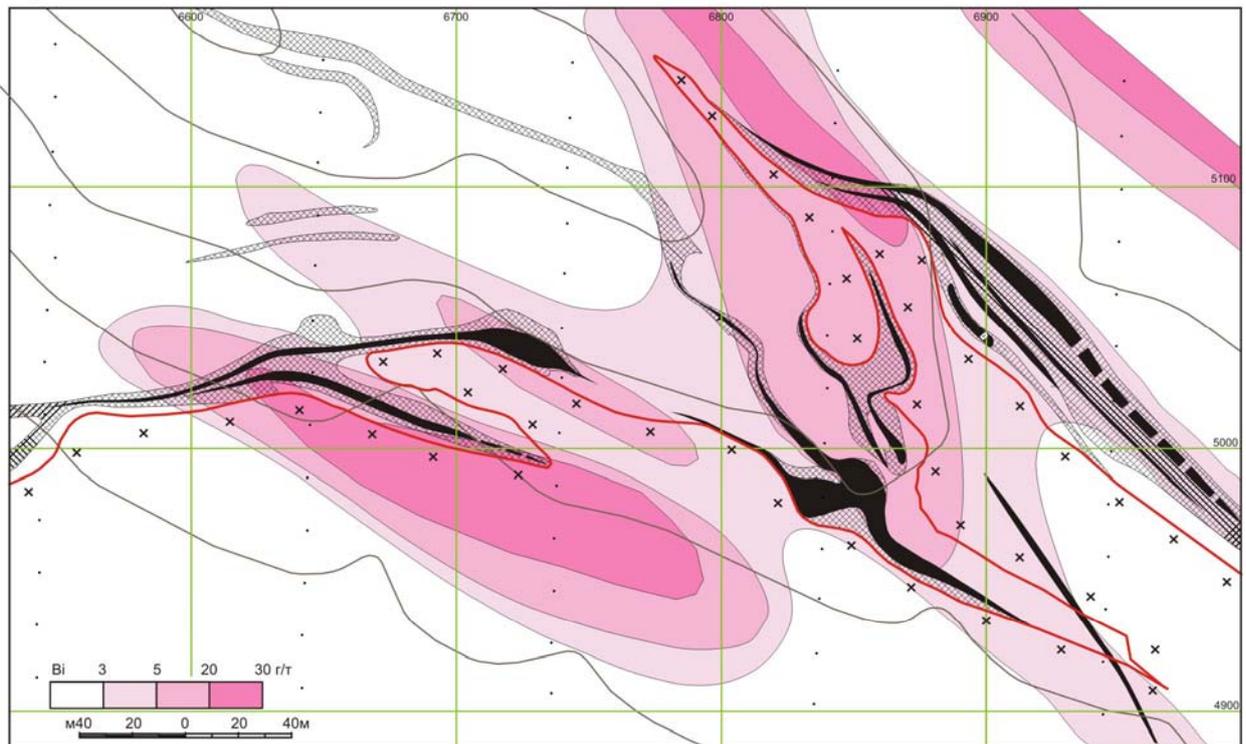
#### Характеристика первичных ореолов

Для характеристики первичных ореолов по данным пробирно-атомно-абсорбционного, пробирного, спектрального и спектрозолотометрического анализа бороздовых и керновых проб были построены геохимические графики распределения золота и элементов-спутников. Тела золотоносных скарнов выделяются первичными ореолами висмута, меди и олова (Рисунок 21). Спорадически скарнам соответствуют ореолы цинка, что связано, вероятно, с неравномерностью и редкостью минералов цинка (сфалерита) по сравнению с прочими элементами. Ореолы вольфрама и мышьяка так же в целом соответствуют телам скарнов, но могут и выходить за их пределы. Вольфрам на проявлении Сухая Грива следует считать, вероятно, переходным элементом, который образует ореолы и над скарнами, и над породами массива. Он может присутствовать в гранитоидах в виде зерен вольфрамита, а в скарнах присутствует в виде типичного для них минерала шеелита, который был установлен при шлиховом анализе в скарнах (Рузаев, 2002ф). Наличие ореолов мышьяка над гранитоидами и над скарнами связано, вероятно, с рассеянной вкрапленностью арсенопирита.

а)

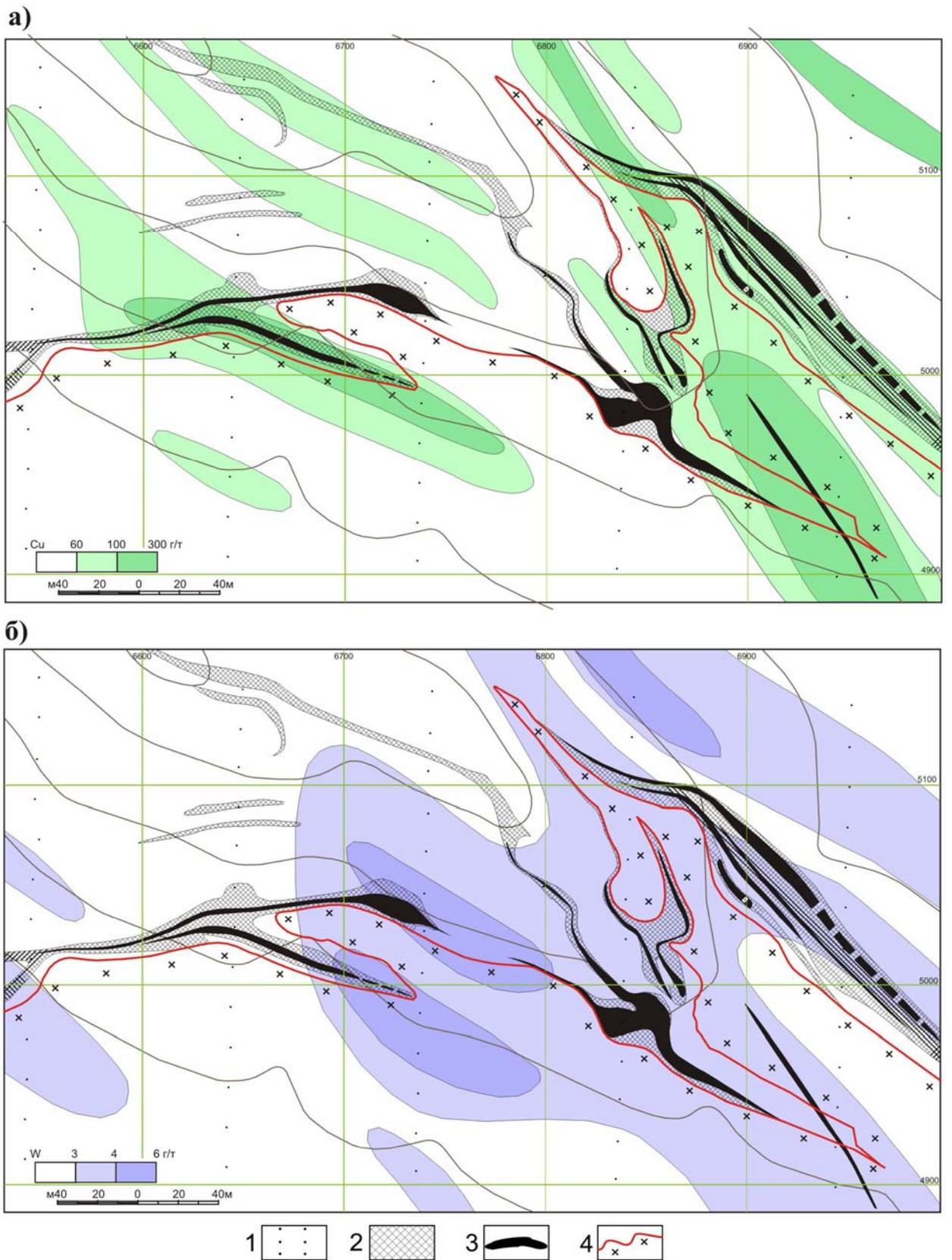


б)



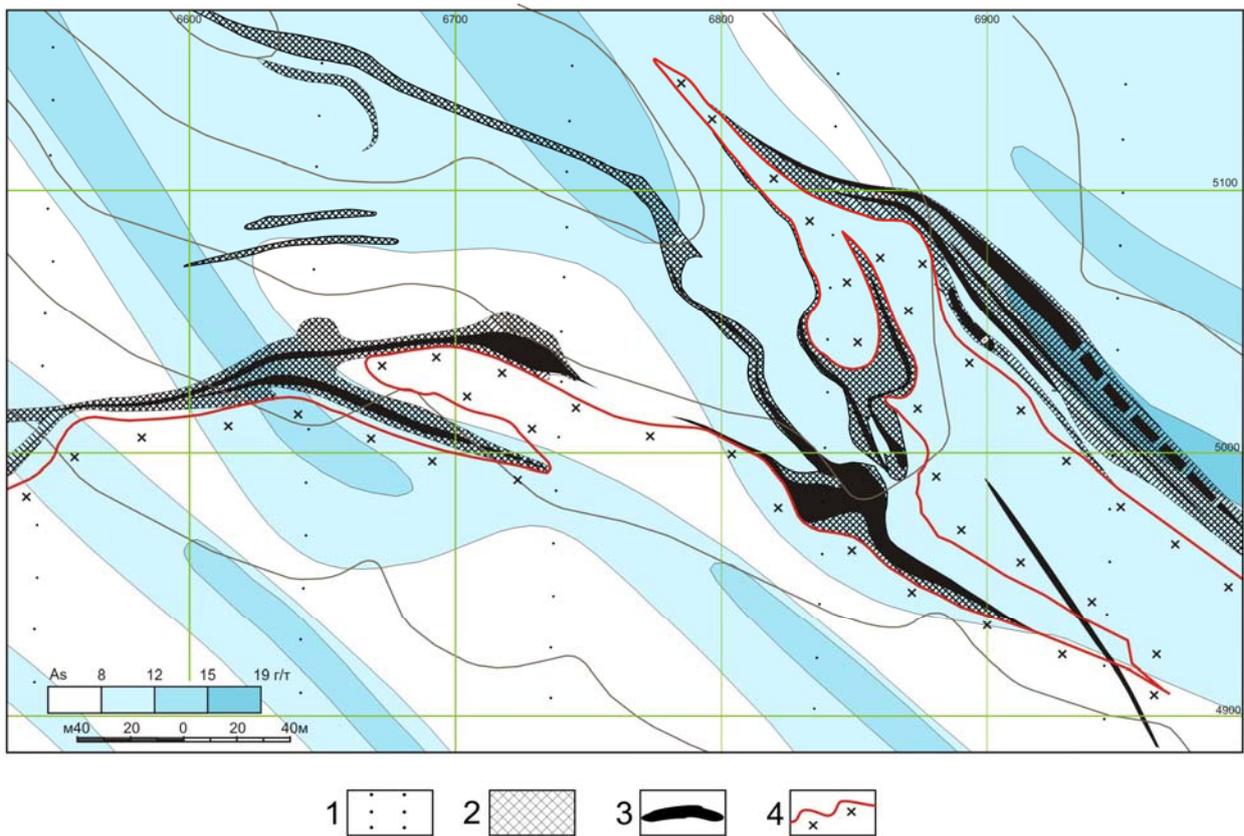
1-точки отбора проб (сеть опробования 100x20 м, 2-скарны, 3-рудные тела вскарнах, 4-граница гранитоидов Топольнинского массива.

**Рисунок 18.** Вторичные литохимические ореолы золота (а) и висмута (б) над известными рудными телами проявления Сухая Грива. По материалам ФГУП ИМГРЭ (Юшко и др., 2014), с дополнениями автора.



1-точки отбора проб (сеть опробования 100x20 м, 2-скарны, 3-рудные тела вскарнах, 4-граница гранитоидов Топольнинского массива.

**Рисунок 19.** Вторичные литохимические ореолы меди (а) и вольфрама (б) над известными рудными телами проявления Сухая Грива. По материалам ФГУП ИМГРЭ (Юшко и др., 2014), с дополнениями автора.



1-точки отбора проб (сеть опробования 100x20 м, 2- скарны, 3-рудные тела вскарнах, 4-граница гранитоидов Топольнинского массива.

**Рисунок 20.** Вторичные литохимические ореолы мышьяка над известными рудными телами проявления Сухая Грива. По материалам ФГУП ИМГРЭ (Юшко, 2014ф), с дополнениями автора.

В целом, повышенным содержаниям золота соответствует повышения концентраций висмута, меди, вольфрама, серебра и олова, реже – свинца, цинка и мышьяка (Рисунок 21). Таким образом, элементами-спутниками золота в первичных и во вторичных ореолах проявления являются висмут, вольфрам, медь и серебро.

По результатам анализа минералого-геохимических характеристик проявления Сухая Грива с минералого-геохимическими характеристиками других объектов первого типа были выявлены следующие характерные особенности:

- для рудных тел, представленных скарнами, характерна редкая неравномерная вкрапленность сульфидов меди и висмута, пирита, шеелита, молибденита и др. Как правило, рудные интервалы визуально не отличаются от безрудных и выделяются только по результатам опробования;

- обширные аномалии Au и элементов-спутников (Cu, Bi, Ag и др.) обычно соответствуют зонам рассеянной минерализации; контрастные и мелкие аномалии – областям локального проявления золото-скарновой минерализации; контрастные аномалии длиной в сотни метров, сопровождающиеся ореолами Cu, Sn, Bi, W, – наиболее перспективным скарновым зонам.



**Рисунок 21.** Первичные геохимические ореолы над золотоносными скарнами проявления Сухая Грива. Геологический план вдоль канав К-02-1, К-02-2 в масштабе 1:400.

## 3.2. Минералого-геохимическая характеристика объектов второго типа

### 3.2.1. Вещественный состав гидротермально-измененных пород и руд месторождения Баяниха

#### Результаты предшествующих исследований

Первые сведения о составе руд проявления получены в ходе работ 1951-1956 гг. (Розен, 1957). В ходе работ на проявлении установлены пироксен-гранатовые скарны с кальцитом, реже волластонитом, при проходке штольни №1 встречены пироксен-везувиан-гранатовые скарны и скарнированные известковистые песчаники с прослоями известняков. Рудные минералы в скарнах представлены борнитом, халькопиритом, халькозином, ковеллином, встречается магнетит и видимое золото. Борнит образует сростания с блеклой рудой, молибденитом и ковеллином. Вокруг борнита в виде каемок развит халькозин, который замещается ковеллином. Блеклая руда формирует выделения неправильной формы, пересекающие борнит. Молибденит в виде редких чешуек фиксируется в блеклой руде и борните. Помимо молибденита, в блеклой руде установлена редкая мелкая (около 0.006 мм) вкрапленность самородного золота. Ранее было показано, что золотое оруденение связано с полосой скарнированных пород, скарнов и сопровождается медным оруденением при содержании Cu до 4.4% (Розен, 1957).

По итогам работ 1996-2000 гг. В. С. Рузаев подтверждает ранее сделанные выводы о приуроченности оруденения к зоне скарнированных пород и скарнов, но отмечает, что на отдельных участках месторождения Баяниха золотое оруденение проявлено в виде линейного кварцевого штокверка. Помимо перечисленных выше сульфидов меди, авторами отчета отмечается тетрадимит и шеелит. Рудная минерализация в количественном выражении не превышает 2-5% и имеет гнездовидный характер распределения (Рузаев и др., 2002).

Из результатов исследований А.И. Гусева следует, что рудоотложению предшествовали тремолит-актинолитовые и кварц-альбит-эпидотовые (с пиритом) изменения, наложенные как на скарны, так и на терригенные, карбонатные породы и дайки. В целом для рудного поля, автор выделяет три ассоциации золота. На месторождении Баяниха золото ассоциирует с халькопиритом, борнитом и халькозином вместе с алтаитом и тетрадимитом на проявлениях в околоинтрузивной зоне Топольнинской интрузии. На месторождении Лог-26 золото изредка встречается в ассоциации с тетрадимитом, а на проявлениях Рыбный Лог-1 и Рыбный Лог-2 – со сфалеритом, тетраэдритом, реже халькопиритом. Отмечено, что вдоль Караминского разлома в

пределах рудной зоны проявлены процессы пропилитизации, лиственитизации и березитизации. А.И. Гусевым так же был изучен химический состав сульфидов из руд Топольнинского рудного поля (Бедарев, Гусев, 1998; Гусев и др., 2013).

Исследования последних лет (Ворошилов и др., 2014, Савинова, 2014) показали, что наибольшее распространение на месторождении имеют пироксен-гранатовые скарны (скарноиды), на которые обычно накладываются процессы пропилитизации с образованием альбита, эпидота, хлорита и кальцита. Согласно представлениям авторов, золотое оруденение месторождения Баяниха связано с березитизацией скарнов, скарнированных пород, гранитоидов и др. Авторами выделяется несколько минеральных ассоциаций: арсенопирит-пиритовая, сульфидно-полиметаллическая и золото-теллуридно-сульфидная. Причем отложение золота авторы связывают с формированием поздней золото-теллуридно-сульфидной ассоциации, которая формируется на завершении березитовой стадии метасоматоза (Ворошилов и др., 2014). Аналогичные представления отражены в диссертационной работе О.В Савиновой (Савинова, 2014).

Целью исследований, проведенных в рамках данной работы, было изучение пространственно-временных взаимоотношений золото-скарновой и золото-сульфидно-кварцевой минерализации месторождения Баяниха. Для этого было выполнено специализированное изучение вещественного состава руд и окolorудных метасоматитов из золотоносных скарнов и минерализованных зон золото-сульфидно-кварцевого состава, изучение типоморфизма самородного золота. Полученные данные были использованы при разработке геолого-поисковой модели объекта.

#### Скарны, скарноиды и скарнированные породы

Основное оруденение проявления локализовано в скарнах и скарнированных породах. Необходимо отметить, что эти породы по текстурно-структурным особенностям отличаются от сходных по составу массивных скарнов проявления Сухая Грива. Помимо скарнов, здесь широко проявлены тонкозернистые пятнистые, пятнисто-полосчатые, полосчатые, линзовидно-полосчатые и тонкополосчатые породы, сформированные в связи с образованием участков и линз тонко- мелкозернистых скарнов гранатового, клинопироксен-гранатового и гранат-клинопироксенового состава по ороговикомованным известковистым алевролитам. Количество участков и линз скарнов меняется от 5 до 60%. Контакты скарнов с ороговикомованными известковистыми алевролитами как резкие, так и размытые, нечеткие. Среди известковистых алевролитов иногда встречаются маломощные, около 2-5 см, прослои зеленовато-черных и зеленовато-коричневых роговиков по терригенным породам. Иногда скарны в виде пятен, полос и линз развиты в мраморизованных известняках. Поскольку процесс скарнообразования

проявлен очень неравномерно, то полосчатые породы в целом правильней называть скарноидами, а отдельные линзы и участки – собственно скарнами. Аналогичные породы с содержанием участков и линз скарнов до 80-95% широко распространены на месторождении Лог-26. Причин такой неравномерности процесса в отличие от проявления Сухая Грива может быть несколько. Во-первых, сказалось отличие исходных пород: скарны на проявлении Сухая Грива развиваются преимущественно по известнякам, в то время как на Баянихе – по мергелям или известковистым алевролитам с неравномерным распределением карбонатного вещества. Во-вторых, скарны Сухой Гривы преимущественно биметасоматические, образованы непосредственно на контакте гранитоидов массива и осадочной толщи, то есть в зоне воздействия более высоких температур и более интенсивной метасоматической переработки. В то же время скарноиды месторождения Баяниха находятся на удалении до 85 м от интрузивного контакта. Неоднородности пород, фиксируемые визуальнo, находят отражение при изучении под микроскопом. Главным минералом скарнов является **гранат**, количество которого изменяется от 25 до 65%. **Клинопироксен** имеет подчиненное значение по отношению к гранату, его количество изменяется от 20 до 35%, редко достигая 80% в гранат-клинопироксеновых разностях. Гранат и клинопироксен слагают 2 генерации.

Ранняя клинопироксен-гранатовая скарновая ассоциация. **Гранат I** изотропен или редко слабо анизотропен, слагает сплошные трещиноватые массы, заключая в себе пойкилобласты клинопироксена I, или образует тонкозернистые агрегаты в ассоциации с клинопироксеном I (Рисунок 22а). При цементации клинопироксена массой изотропного граната порода имеет ситовидную структуру.

**Клинопироксен I** наиболее распространен, он образует мельчайшие, 0.01-0.1 мм, близкие к изометричным или слабоудлиненные зерна (пойкилобласты), реже полигональные зерна, ассоциирующие со сходными по размерам зернами граната I, или заключенные в сплошной массе изотропного граната I (Рисунок 22а). В объеме породы распространен равномерно или же образует скопления зерен, обособления и пятна размером до 2-3 мм, которые сложены мельчайшими зернами клинопироксена размером около 0.01 мм. Пространство между этими зернами заполнено изотропным гранатом I. Иногда мельчайшие зерна клинопироксена заключены в карбонате, который, возможно, замещает гранат.

Поздняя клинопироксен-гранатовая скарновая ассоциация. **Гранат II** формирует зоны, мелкие линзы и прожилки мощностью до 1-2 мм среди ранней ассоциации. Он образует идиоморфные кристаллы и полигональные зерна размером 0.2-0.3 мм, как правило анизотропные, реже изотропные, часто зональные с секториальным угасанием, аналогичные гранату-II скарнов проявления Сухая Грива (Рисунок 22б). В центральной части этих зон и линз развит карбонат и кварц, которые цементируют клинопироксен II, иногда с клинопироксеном

ассоциирует эпидот (Рисунок 22г).

**Клинопироксен II** образует удлиненные кристаллы с хорошо заметными трещинами спайности, иногда зерна размером 0.1-0.3 мм, которые ассоциируют с гранатом II и эпидотом. Наиболее характерна цементация клинопироксена II и граната II карбонатом и кварцем в центральных частях линз и прожилков (Рисунок 22б-г). Калиевый полевой шпат, встречающийся в виде единичных ксеноморфных выделений размером до 1 мм, так же может цементировать этот клинопироксен II. Характерно замещение клинопироксена II игольчатым актинолитом и хлоритом (Рисунок 22в).

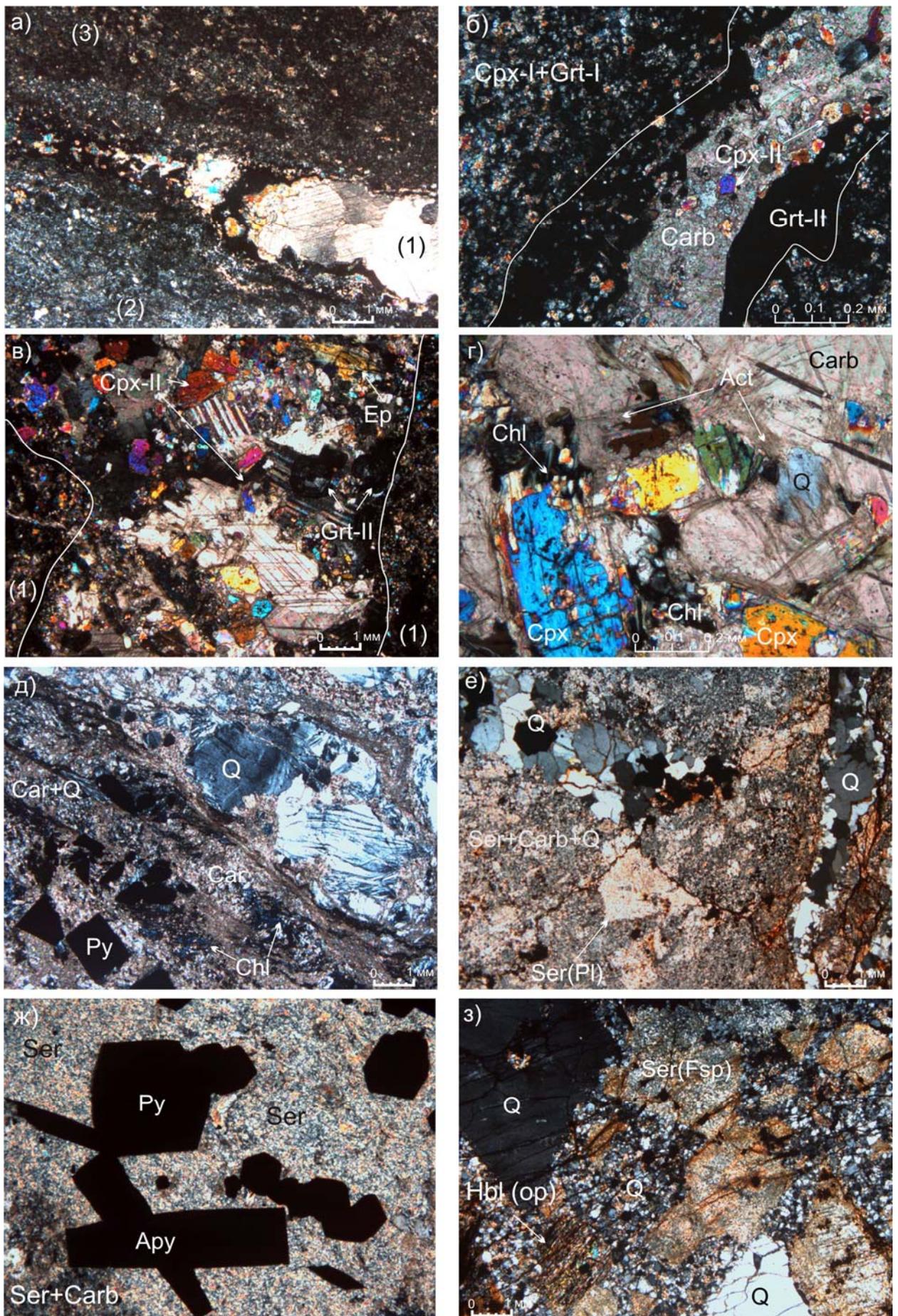
Таким образом, внутри участков собственно скарнов выделяется более ранняя ассоциация **граната I и пироксена I**, внутри которой в виде тонких линзочек, полос и обособлений развивается более поздняя ассоциация граната II и пироксена II, более идиоморфных по отношению к первым. Микротекстуры пород полосчатые и тонкополосчатые, пятнисто-полосчатые и пятнистые. Структуры от тонко- до мелкозернистых, гетерогранобластовые, ситовидные. Список скарновых минералов исчерпывается клинопироксеном и гранатом. Карбонат, эпидот, хлорит, а так же кварц и калиевый полевой шпат относятся к минералам постскарновых пропилиитоподобных изменений.

Ассоциация минералов постскарновых пропилиитоподобных изменений представлена эпидотом, актинолитом, хлоритом, кварцем и карбонатом.

**Эпидот**, как и карбонат, встречается среди минералов ранней и поздней ассоциаций скарновых минералов в количестве 5-10%. Среди минералов ранней ассоциации он образует отдельные зерна неправильной формы размером до 0.2 мм, реже агрегаты зерен до 0.5 мм, иногда ассоциирует с карбонатом в эпидот-карбонатных маломощных, около 0.2 мм, коротких прожилках. Окраска эпидота как правило бесцветная. В некоторых случаях в скарнах фиксируются крупные кристаллы лимонно-желтого эпидота, размером до 1-2 мм, который замещается карбонатом и кварцем. Среди минералов более поздней ассоциации эпидот формирует неправильной формы зерна размером до 0.2-0.3 мм с интерференционными окрасками, аналогичными описанным выше (Рисунок 22б). Часто цементируется карбонатом или формирует вместе с ним зальбанды прожилков, сложенных минералами более поздней ассоциации.

**Актинолит** появляется спорадически в количестве не более 5%. Обычно он тяготеет к клинопироксену II, замещая его по периферии, или ассоциирует с хлоритом (Рисунок 22г). Актинолит формирует тонкоигольчатые кристаллы и их агрегаты размером по длинной оси до 0.2 мм, окрашенные в бледно-зеленый цвет и обладающие слабым плеохроизмом (Рисунок 22г).

**Хлорит** сравнительно редок, образует мелкие чешуйки, встречается в ассоциации



**Рисунок 22.** Вещественный состав гидротермально-измененных пород и руд проявления Баяниха.

К **рисунку 22. а)** клинопир.-гранат-карб. прожилок II (поздней) ассоциации на контакте клиноцоизит-биотит-кварцевых роговиков (2) и пропицитизированных и скарнированных мергелей (3). С-55-37.9. Николи+. **б)** Карбонат выполняет центральную часть клинопироксен-II - гранатового-II прожилка в ранней ассоциации клинопироксена-1 и граната-1. **в)** прожилок клинопир. II и граната II с эпидотом цементируются карбонатом в раннем тонкозернистом клинопир.-гранатовом скарне (1). К-027-22.3. Николи+. **г)** призматические кристаллы клинопир. II замещаются актинолитом и хлоритом в карбонате с кварцем. К-027-22.3. Николи+. **д)** хлорит-кварц-карб. листенитоподобные метасоматиты с пиритом. Николи+. **е)** прожилки кварца в карбонат-кварц-серицитовых березитоподобных метасоматитах по дацитам. С-54-92.5. Николи+. **ж)** Кристаллы пирита а игольчатого арсенопирита в дацитах серицитизированных, карбонатизированных и окварцованных (по прожилкам). С-34-112.6. **з)** Оппацитизация по роговой обманке, серицит по полевым шпатам гранит-порфиоров. К-006-107.5. Николи +. Обозначения: *Spx* - клинопироксен, *Grt* - гранат, *Chl* - хлорит, *Carb* –карбонат, *Q* - кварц, *Act* - актинолит, *Hbl(Or)* - роговая обманка (оппацитизированная), *Ser* – серицит, *Pl* – плагиоклаз, *Fsp* – калиевый полевой шпат, *Pyr* - пирит, *Apy* – арсенопирит.

с актинолитом, заполняет трещины в гранате. Окраска от бесцветной до бледно-зеленой (Рисунок 22 г).

**Карбонат** в скарнах встречается как в ранней, так и в поздней ассоциации скарновых минералов, его количество варьирует в пределах 10-20%. В ранней ассоциации он образует мелкие зерна размером 0.1-0.2 мм, рассеянные в гранате, часто ассоциирует с клинопироксеном или формирует пелитоморфные выделения. Карбонат так же развит по «пятнам» тонкозернистого клинопироксена, вероятно, замещая его. Иногда внутри кристаллов эпидота наблюдаются линзочки и неправильные выделения карбоната и кварца. В данном случае карбонат, вероятно, замещает эпидот.

Среди минералов поздней ассоциации мелко- и среднезернистый карбонат выполняет центральные части линз и прожилков совместно с кварцем, цементируя кристаллы клинопироксена, иногда граната и эпидота, размер отдельных зерен достигает 0.7 мм, а выделений – 2 мм (Рисунок 22б-г). Иногда карбонат формирует зальбанды прожилков поздней ассоциации вместе с клинопироксеном и эпидотом. Кроме этого, поздний карбонат слагает отдельные часто ветвящиеся прожилки мощностью до 0.2-0.3 мм. Иногда по трещинам в скарнах карбонат образует густую сеть извилистых ветвящихся прожилков.

**Кварц** в скарнах появляется эпизодически, максимальное его количество составляет 15%. Обычно, как и карбонат, он тяготеет к центральной части линз клинопироксен-гранатового состава, где цементирует клинопироксен, гранат, эпидот, игольчатый актинолит (Рисунок 22г). Так же встречаются отдельные зерна, их агрегаты, неправильной формы скопления и сплошные массы размером до 0.5 мм, которые цементируют угловатые зерна изотропного граната и пересекаются прожилками карбоната.

Кроме этого, в скарнах в виде единичных зерен и выделений присутствуют калиевый полевой шпат и серицит. Для **калиевого полевого шпата** характерны ксеноморфные

пелитизированные выделения размером до 1 мм, не имеющие решетчатого строения. Минерал фиксируется в центральной части прожилков поздней ассоциации скарновых минералов. Он цементирует кристаллы клинопироксена, аналогично кварцу и карбонату. Встречается редко, в виде единичных выделений. **Серицит** (мусковит) в скарнах практически отсутствует. Встречены единичные волосовидные прожилки, сложенные мусковитом.

Таким образом, пропилитоподобные изменения затрагивают как раннюю, так и позднюю ассоциации скарновых минералов. Общее количество пропилитовых минералов в собственно скарнах составляет 15-25%. Серицит (мусковит), характерный для березитов, в скарнах практически не встречается, в связи с чем нельзя говорить о формировании апоскарновых березитоподобных изменений. Однако следует отметить, что в скарнах иногда встречаются маломощные зоны кварц-хлорит-карбонатных с пиритом листовитоподобных метасоматитов. Пропилитоподобные апоскарновые метасоматиты, аналогичные описанным выше, наблюдаются так же и на месторождении Лог-26. Кроме скарнов, процессы пропилитизации затрагивают практически все разновидности пород. Маломощные линзы и прожилки, сложенные эпидотом, хлоритом с актинолитом наблюдаются в роговиках и ороговикованных алевролитах, пропилитовые изменения, выраженные образованием эпидота, амфибола и хлорита, затрагивают так же дайки среднего состава. С пропилитовыми минералами тесно связано образование сульфидов и раннего золотого оруденения.

#### Эпидот-карбонатные ороговикованные скарнированные мергели

Эти образования имеют со скарнами как резкие границы, так плавные, постепенные переходы. Это тонкозернистые породы, сложенные преимущественно карбонатом (до 55-60%) и эпидотом (до 35%). Кроме этого, в составе пород присутствует клинопироксен в количестве 5-10%, гранат и кварц в количестве менее 5%.

**Карбонат** характеризуется, как правило, пелитоморфным строением, формирует основной объем породы, как правило образуя сплошные массы (Рисунок 22а). Реже встречается тонко- и мелкозернистый карбонат размером до 0.1 мм, ассоциирующий с эпидотом. **Эпидот** образует неправильной формы зерна без четких границ или обособления размером до 2 мм. Иногда карбонат формирует прожилки мощностью до 0.2 мм. Клинопироксен формирует мелкие зерна, рассеянные в объеме породы, аналогично скарнам. Встречаются единичные зерна граната и мельчайшие, около 0.01 мм, зерна кварца.

#### Клинопироксен-клиноцоизит-кварц-полевошпатовые и клиноцоизит-биотит-кварц-полевошпатовые роговики

В скарноидах встречаются прослойки *клинопироксен-клиноцоизит-кварц-полевошпатовых*

с хлоритом и клиноцоизит-биотит-кварц-полевошпатовых роговиков, которые имеют тонкозернистое строение с размером зерен 0.05-0.1 мм (Рисунок 22а). Породы сложены главным образом кварцем и полевыми шпатами (70-85%), имеют гранобластовую, лепидогранобластовую, гомеобластовую структуры.

#### Лиственитоподобные кварц-хлорит-карбонатные метасоматиты с пиритом

Породы локализованы внутри скарнов, имеют крайне неоднородное строение, сложены на 20% кварцем, на 35-40% хлоритом и на 40-45% карбонатом. Породы сложены полосами и зонами кварц-карбонатного, хлорит-кварц-карбонатного и хлорит-карбонат-кварцевого состава с размером зерен карбоната и выделений хлорита до 1 мм. Причем в полосах, сложенных преимущественно кварцем, размер его зерен достигает 2-3 мм, угасание крайне неоднородное, перисто-волнистое (Рисунок 22д). По трещинам этого кварца и между его зернами фиксируются хлорит и карбонат. Для хлорита характерны бледно-зеленые окраски и аномальные синие цвета интерференции. Карбонат от пелитоморфного до мелкозернистого. К кварц-хлорит-карбонатным зонам тяготеют кристаллы и скопления кристаллов идиоморфного кубического пирита размером до 0.5 мм (Рисунок 22д). Перпендикулярно граням пирита расположены параллельные хлорит-кварцевые агрегаты (структуры давления). Текстура пород полосчатая, структура лепидогранобластовая, гетеробластовая, мелко- среднезернистая. Породы нельзя назвать лиственитами по причине отсутствия характерных для этих пород калиевых слюд.

Лиственитоподобные метасоматиты формируются по скарнам после пропилитизации и с связанного с её формированием раннего золота, в золото-сульфидно-кварцевую стадию. Наиболее отчетливо образования этой стадии выражены на месторождении Лог-26. Здесь после пропилитизации на скарны были наложены более поздние золото-сульфидно-кварцевые образования, представленные карбонат-кварцевыми, кварцевыми прожилками и линзами с пиритом, которые на проявлениях первого типа (Сухая Грива) не установлены (Рисунок 23а).

#### Березитоподобные метасоматиты

Кроме скарноидов, золотое оруденение так же наложено на кислые субвулканические породы куюганского комплекса, гранитоиды Топольнинского массива, частично на диоритовые порфириды и сиениты. Это оруденение часто сопровождается березитоподобными изменениями, с формированием метасоматитов (пирит)-серицит-карбонат-кварцевого состава. Чаще всего этими изменениями затронуты кислые субвулканические породы.

Кислые субвулканические породы (риодациты, дациты) в значительной степени проявлены на месторождении Баяниха. Все они в различной степени подвержены поздним

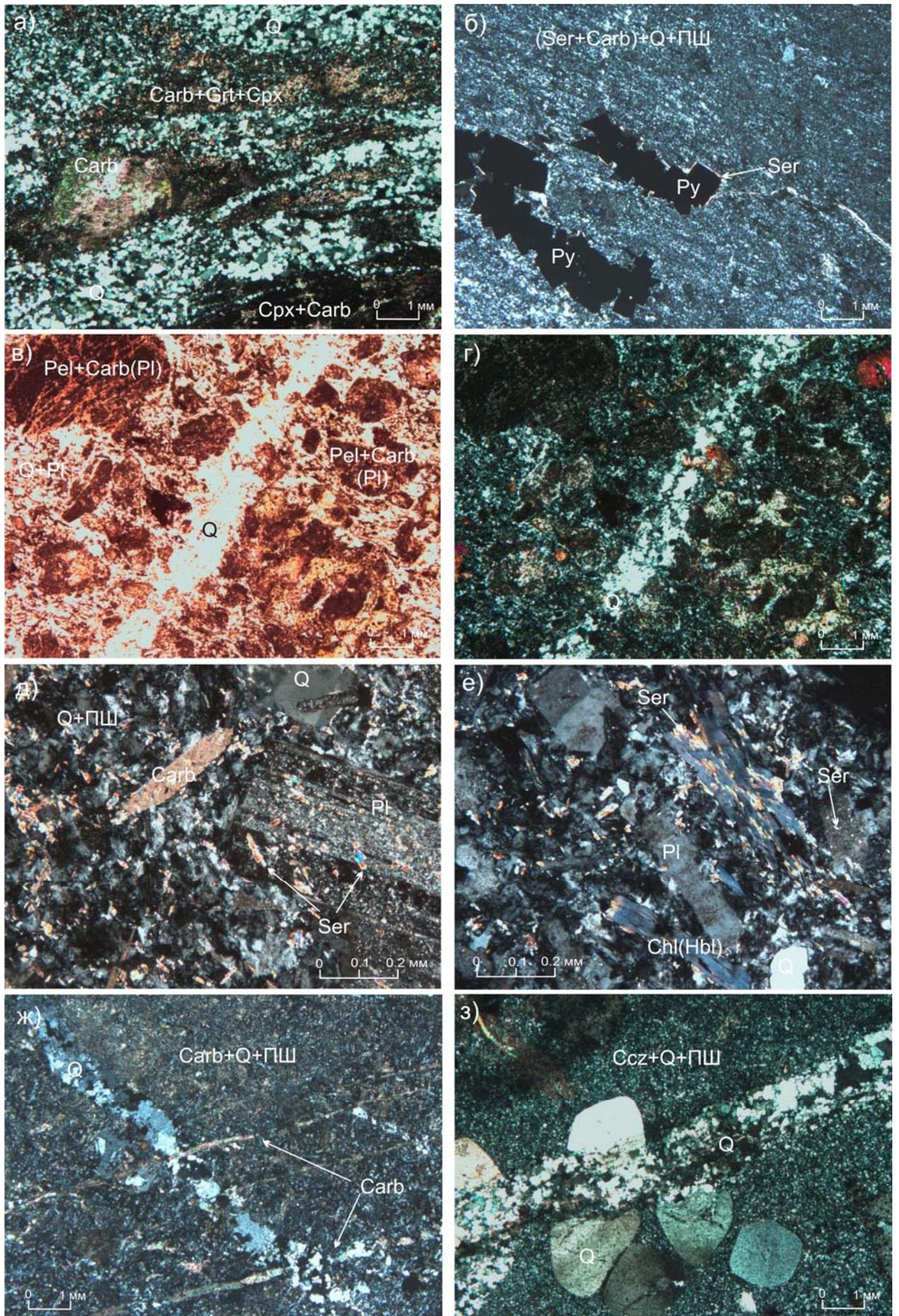


Рисунок 23. Вещественный состав березитизированных пород и руд месторождения Лог-26.

К **рисунку 23**: **а)** линзовидные ксенолиты клинопироксен-гранатовых скарноидов в кварцевом прожилке; С-46-179.3. Николи+. **б)** кристаллы кубического пирита по трещине в плагиориолите; С-46-147.3. **в)** кварцевый прожилок в диоритовых порфиритах, плагиоклаз порфирированных выделений пелитизирован, частично карбонатизирован, роговая обманка эпидотизирована; С-46-173.7. Николи ||. **г)** то же, николи+. **д)** серицит по порфирированным вкрапленникам плагиоклаза и основной массе плагиориолитов, пластинчатый карбонат в основной массе; С-46-157.5. Николи+. **е)** серицит по основной массе и по трещинам хлоритизированной роговой обманки вкрапленников плагиориолитов; С-46-157.5. Николи+. **ж)** кварцевые и карбонатные прожилки в карбонатизированных плагиориолитах; С-46-165.7. Николи+. **з)** кварцевый прожилок в клиноцитизированных и карбонатизированных риолитах; С-46-183. Николи+. Обозначения: *Grt* - гранат, *Carb* - карбонат, *Q* - кварц, *Ser* – серицит, *Pl* – плагиоклаз, *ПШ* - полевой шпат, *Pel+Carb(Pl)* - пелитоморфное вещество и карбонат по плагиоклазу, *Pу* - пирит.

изменениям с образованием минералов, типичных для березитового парагенезиса.

Визуально березитизированные породы имеют более светлую желтовато-серую окраску окраску по сравнению с неизмененными риодацитами. Таблитчатые вкрапленники плагиоклаза приобретают бледно-зеленый оттенок, порфирированная структура пород становится менее отчетливой, «размытой». Породы часто трещиноваты, по трещинам развита лимонитизация. Встречаются кварц-карбонатные и кварцевые прожилки мощностью до 1 см, извилистой и древовидной формы. Иногда встречаются линзы молочного кварца мощностью 3-5 см, вдоль прожилков и линз развита лимонитизация. Весьма характерно наличие мелкого, 0.1-1 мм, пирита в количестве 1-5%, который образует рассеянную вкрапленность в объеме породы, короткие просечки мощностью до 2-3 мм, или фиксируется в составе кварцевых, карбонат-кварцевых прожилков.

Березитизированные дациты и риодациты сложены замещенными на 10-30% вкрапленниками кварца и плагиоклаза размером до 0.5 мм и более, с нечеткими границами, которые погружены в тонкозернистую, размером 0.01-0.1 мм, серицит-карбонат-кварцевую массу. В отличие от серицита и карбоната, которые являются явно новообразованными минералами, генезис кварца в основной массе не однозначен. Ранний кварц и полевые шпаты могли замещать вулканическое стекло и впоследствии замещаться кварцем уже при последующем метасоматозе. В этих породах количество серицита не превышает 10%, количество карбоната – около 20%, на долю кварца приходится 70% объема породы. Возможно, вместе с кварцем в тонкозернистой массе присутствуют полевые шпаты, которые из-за незначительности размеров зерен диагностировать не удастся. В основной массе и по вкрапленникам развит хлорит, количество которого не превышает 5%. Мусковит может давать агрегаты листочков размером 0.1 мм и более. Пирит часто приурочен к трещинам спайности мусковита (Рисунок 23б). Просечки пирита мощностью около 0.1-0.2 мм пересекают карбонатные прожилки мощностью 0.2-0.5 мм. Реже встречается арсенопирит и молибденит.

Структура породы порфировая и афировая, фельзитовая(?). Таким образом, в слабо измененных породах количество новообразованных карбоната и кварца не превышает 30%.

Некоторые метасоматически измененные риодациты сложены крупными зернами кварца размером 0.1-0.6 мм, неправильной формы, с неровными границами, которые содержат включения мельчайших листочков серицита-мусковита размером менее 0.1 мм. Вероятно, кварц сформирован по кислему вулканическому стеклу, а серицит – по микролитам полевого шпата, что указывает на микропойкилитовую структуру породы. Межзерновое пространство заполнено агрегатом мельчайших листочков серицита, общее количество которого около 30-35%.

Березитоподобные метасоматиты по дацитам содержат новообразованные минералы в количестве 60-75%. Карбонат-кварц-серицитовые метасоматиты по порфировым породам на 15% сложены вкрапленниками плагиоклаза, реже неправильными зернами кварца. Вкрапленники плагиоклаза – идиоморфные кристаллы, имеющие прямоугольные сечения, замещаются практически нацело агрегатом тончайших, 0.01-0.1 мм, чешуек серицита-мусковита, или на 40-60% тонкозернистым агрегатом серицита и карбоната, с преобладанием того или иного минерала, иногда с клиноцоизитом. Серицит-мусковит с интерференционными окрасками от желтой I порядка до более высоких окрасок II-III порядка. Вкрапленники погружены в тонкозернистую, около 0.1 мм, карбонат-серицит-кварцевую массу (Рисунок 22е). В некоторых разностях отчетливо видно, что серицит и карбонат развиваются по тонко-мелкозернистой плагиоклаз-кварцевой массе размерностью зерен 0.1-0.2 мм, при этом карбонат замещает сдвойникованный по альбитовому закону плагиоклаз. Количество серицита изменяется от 15 до 55%, при изменении количества карбоната от 50 до 5%. Новообразованный кварц в основной массе довольно сложно отделить от кварца, заместившего кислое стекло при девитрификации. Исходная структура основной массы – фельзитовая(?), новообразованная – лепидогранобластовая, гранолепидобластовая. Для березитизированных дацитов характерно наличие вкрапленности кристаллов пирита, реже арсенопирита (Рисунок 22ж). Помимо прожилков кварца (Рисунок 22е), в породах фиксируются тонкие прожилки серицит-карбонатного и карбонатного состава. На месторождении Баяниха содержание золота в березитизированных окварцеванных дацитах не превышает 1 г/т.

Окварцевание, сопровождающееся березитоподобными изменениями (карбонатизацией и серицитизацией) различной интенсивности так же наложено на сиениты, гранитоиды, диоритовые порфириты и гранитоиды. Аналогичные березитизированные плагиориолиты и плагиориодациты, сопровождающиеся окварцеванием и содержащие золото до первых г/т, установлены так же на месторождении Лог-26.

### Граниты окварцованные и серицитизированные

Выявлены в эндоконтакте Топольнинского массива. Породы сложены на 10% оппацитизированной роговой обманкой, кварцем (25%), серицитизированными полевыми шпатами (65%). Кварц слагает кристаллы и зерна, полевой шпат – удлиненные кристаллы, замещенные нацело серицитом-мусковитом (Рисунок 22з), содержащие включения идиоморфного гематитизированного пирита. Роговая обманка на 90% оппацитизирована, образует удлиненные призматические выделения (Рисунок 22з). Гидротермальный кварц развит в значительном количестве, слагая около 60% поля зрения, имеет мелкозернистое строение при размере зерен 0.1-0.2 мм, аналогичные зерна заполняют межзерновое пространство магматических минералов (Рисунок 22з). В прожилках, как и в полевом шпате, встречается гематитизированный пирит, а так же рутил. Содержания золота в породах составляет первые г/т.

#### Карбонат-кварцевые прожилки с реликтами серицитизированных и карбонатизированных алевролитов(?) из жильно-прожилковой зоны в эндоконтакте массива

Жильно-прожилковая зона, мощностью 5.1 м и содержанием золота 2.7 г/т, вскрыта в эндоконтакте массива (канавка К-028). Извилистые, ветвящиеся карбонат-кварцевые прожилки мощностью 5-7 мм, сложенные м/з карбонатом, содержат реликты серицитизированных и карбонатизированных тонкозернистых, до 0.1 мм, алевролитов (ксенолит в породах массива).

Помимо описанных пород, зоны окварцевания, сопровождаемые золотым оруденением и представленные прожилками мощностью до 3 см, зафиксированы так же в алевролитах (К-028, зона мощностью 3 м с содержанием 8.32 г/т).

В отличие от месторождения Баяниха, на пместорождении Лога-26 наблюдаются зоны совмещения золотоносных скарнов и жильно-прожилковых зон в других породах. Наиболее интересно в этом плане золоторудное пересечение, вскрытое скважиной С-46 (1.14 г/т на 22 м). Его центральная часть сложена диоритовыми порфиритами, а периферия – чередованием плагиориолитов и скарноидов. Этой же скважиной вскрыто золоторудное пересечение 0.87 г/т на 8.7 м в плагиориолитах и 0.54 г/т на 3 м в скарноидах. В золотоносных плагиориолитах и диоритовых порфиритах обычно видны тонкие, до первых мм, кварцевые прожилки. Интенсивность окварцевания в целом невысокая, от единичных прожилков до 7% в отдельных локальных участках. В золотоносных скарноидах прожилки и просечки кварца фиксируются не всегда и часто не обнаруживаются даже под микроскопом.

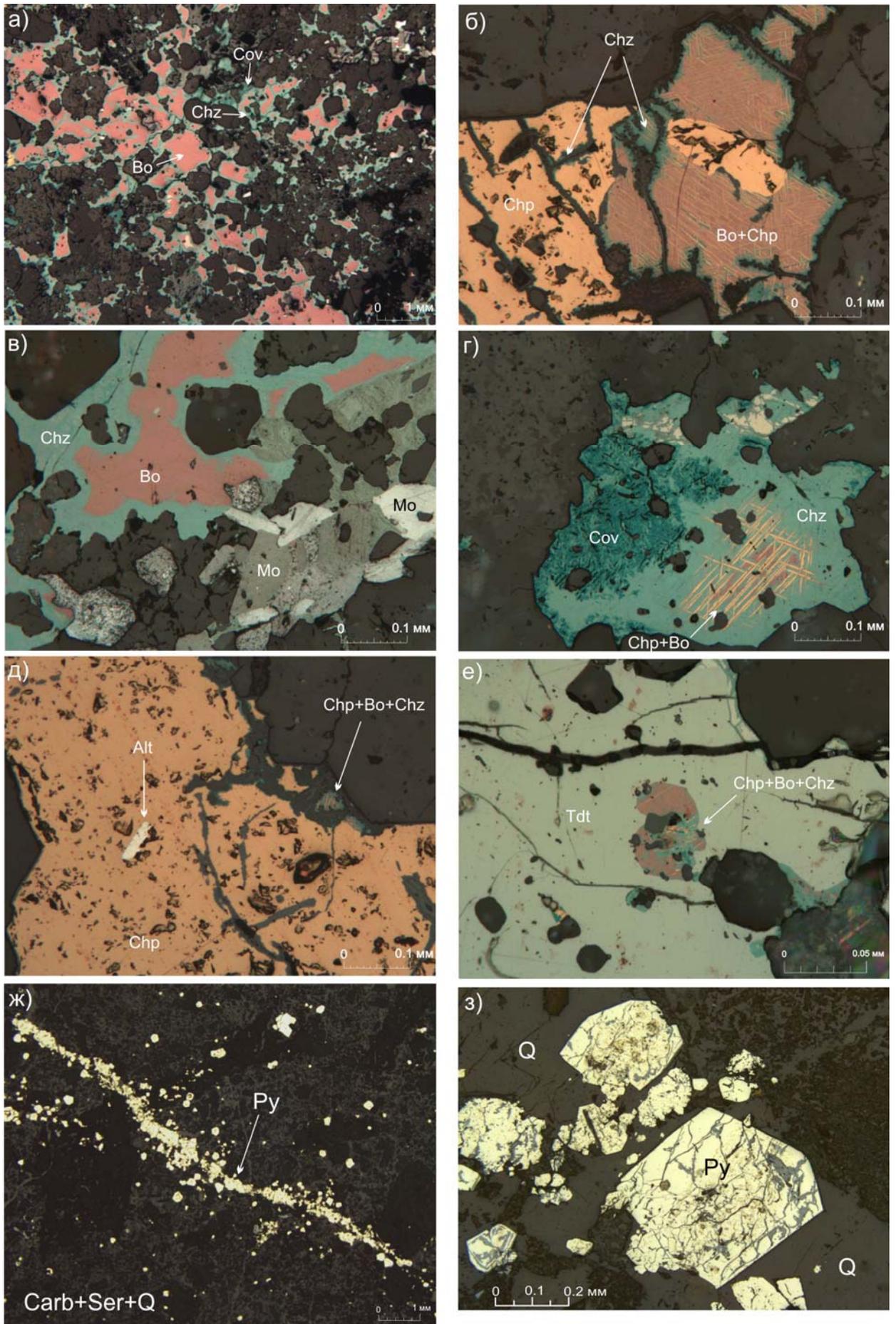
### Рудные минералы

Как и на проявлении Сухая Грива, рудные минералы на пместорождения Баяниха наблюдаются в количестве не более 5% и имеют весьма неравномерное распределение. Спектр

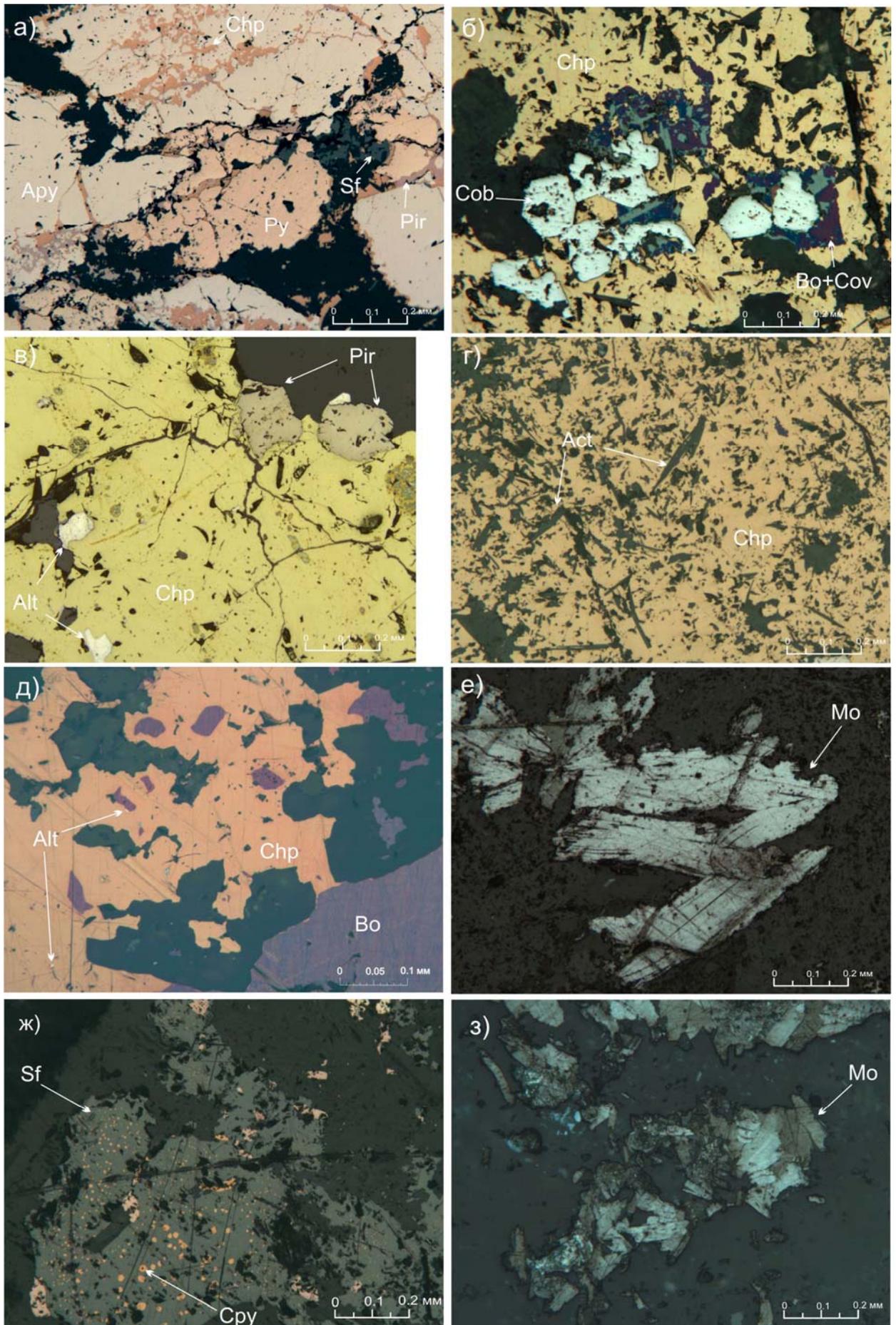
установленных здесь рудных минералов довольно обширный, он включает сульфиды меди (халькопирит, борнит, ковеллин, халькозин, блеклые руды), галенит, сфалерит, молибденит, шеелит, а так же более редкие, встреченные в виде единичных мелких зерен теллуриды (тетрадимит, цумоит, алтаит), установленные при микрорентгеноспектральных исследованиях (Ворошилов и др., 2014). Незначительное количество и неравномерность распределения рудных минералов не позволяет выяснить их взаимоотношения и последовательность образования. В целом, можно выделить две минеральные ассоциации, одна из которых связана с золото-скарновым оруденением, а вторая – с золото-сульфидно-кварцевым.

Золотоносность скарнов определяется формированием ранней золото-I-халькопирит-борнит-халькозиновой с молибденитом и блеклой рудой ассоциации, связанной с образованием постскарновых пропилютоподобных изменений. С этой же ассоциацией тесно связаны теллуриды, представленные **цумоитом**, **тетрадимитом** и **алтаитом**, которые образуют отдельные редкие зерна. Включения алтаита установлены в халькопирите-I. Сульфиды меди приурочены, как правило, к трещинам и интерстициям нерудных минералов. **Халькопирит-I** (Рисунок 24б) образует неправильной формы выделения размером до 1-2 мм, агрегаты выделений, заполняет межзерновое пространство и тесно ассоциирует с борнитом. По трещинам халькопирита развит **халькозин** (Рисунок 24б, д). В **халькопирите-I** наблюдаются мелкие включения **алтаита** (Рисунок 24д). Тончайшая, в сотые и тысячные доли мм, решетка **халькопирита-II**, часто проявлена в борните, ее формирование обусловлено распадом твердого раствора (Рисунок 24б, г). Для **борнита** характерно замещение **халькозином** по периферии (Рисунок 24а-г), ковеллин замещает и халькозин, и борнит, образуя неяснозернистые выделения (Рисунок 24г). **Блеклая руда** содержит включения борнита, халькозина и халькопирита (Рисунок 24е). **Золото-I** образует сростания с сульфидами меди – с блеклой рудой, ковелином, халькозином. Мелких включений золота в этих минералах не наблюдаются, они установлены только по трещине в тетраэдрите. **Молибденит-I** формирует отдельные чешуйки и их скопления размером до 0.1 мм, ассоциирует с борнитом и халькозином (Рисунок 24в). Взаимоотношения молибденита с другими минералами неотчетливые, что не позволяет его надежно относить к минералам, сформированным в связи с апоскарновыми пропилютовыми в этой ассоциации не позволяют надежно относить его к минералам. Важно отметить, что борнит, халькозин и теллуриды установлены в скарнах и не встречаются в зонах золото-сульфидно-кварцевого состава.

На месторождении Лог-26 в составе ранней ассоциации помимо борнита, халькопирита и др. появляются ранние арсенопирит-I, пирит-I и пирротин, а так же сфалерит и кобальтин (Рисунок 25 а-б). По пирит-арсенопиритовому агрегату развита сеть тонких, в десятые и сотые доли мм, трещин, заполненных **пирротин-I** и **халькопиритом-I** (Рисунок 25а). Эти трещины



**Рисунок 24.** Рудные минералы золотоносных скарнов и березитизированных дацитов месторождения Баяниха.



**Рисунок 25.** Рудные минералы в составе золото-скарновой и золото-сульфидно-кварцевой ассоциации месторождения Лог-26.

К **рисунку 24**: **а)** борнит, замещаемый по периферии халькозином и ковеллин по халькозину в интерстициях зерен граната. Эпидотизированный гранатовый скарн; **б)** борнит в сростании с халькопиритом. В борните решетка халькопирита, по периферии борнита и по трещинам халькопирита развит халькозин; **в)** борнит, замещаемый халькозином, цементирует пластинчатый молибденит; **г)** ковеллин по халькозину, который замещает борнит с решетчатым халькопиритом; **д)** алтаит (?) в халькопирите; **е)** тетраэдрит цементирует борнит с решеткой халькопирита, замещаемый халькозином (Рис. **а-е**): Шурф 2, р.т. 5. Николи ||); **ж)** кристаллы пирита вдоль трещины в карбонат-серицит-кварцевых метасоматитах по дацитам. С-54-92.5. Николи ||; **з)** кристаллы пирита в кварцевом прожилке в карбонат-кварц-серицитовых метасоматитах по дацитам. С-54-92.5. Николи ||.

К **рисунку 25**: **а)** халькопирит-пирротиновые выделения по трещинам в пирит-арсенопиритовом агрегате из хлорит-эпидотового обособления в мраморизованных известняках; С-53-49.6; **б)** сплошные массы халькопирита цементируют кристаллы арсенопирита, по трещинам и в межзерновом пространстве развит борнит, замещаемый ковеллином. Из актинолит-хлорит-эпидотовых пропицитов по скарнам; С-51-19.3; **в)** сплошные массы халькопирита цементируют округлые выделения более раннего пирротина, по трещинам развит алтаит; С-47-153.5; **г)** халькопирит цементирует более ранний актинолит. Из актинолит-хлорит-эпидотовых пропицитов по скарнам; С-51-19.3; **д)** халькопирит-борнитовый комплекс с алтаитом по трещинам в халькопирите; из клинопироксен-гранатового скарноида; С-46-176.4; **е)** пластинчатые выделения молибденита в кальцит-гранатовом скарноиде; С-53-140; **ж)** эмульсионная вкрапленность халькопирита в сфалерите, из хлорит-эпидотового обособления в мраморизованных известняках; С-53-49.6; **з)** агрегат-пластинчатых выделений молибденита в плагиорилатах; С-46-153.1.

Обозначения к рисункам: *Bo* - борнит, *Chz* - халькозин, *Cov* - ковеллин, *Chp* - халькопирит, *Mo* - молибденит, *Alt* - алтаит, *Tdt* - тетраэдрит, *Carb* - карбонат, *Ser* - серицит, *Q* - кварц, *Pu* - пирит, *Pir* - пирротин, *Apy* - арсенопирит, *Sf* - сфалерит, *Cob* - кобальтин, *Act* - актинолит.

затрагивают и пирит, и арсенопирит в равной степени. В этом случае не ясно, какой из минералов сформировался раньше – халькопирит-I или пирротин-I. Иногда пирротин образует округлые и неправильной формы выделения размером 0.1-0.3 мм, которые цементируются сплошной массой халькопирита (Рисунок 25б). В этом случае халькопирит по отношению к пирротину следует считать более поздним. Пирротин в количестве до первых процентов встречается так же в роговиках и ороговикованных алевролитах. Как отмечает В. Г. Ворошилов, в пирротине и халькопирите наблюдаются пойкилитовые включения актинолита, что может говорить об их близодновременном образовании (Ворошилов и др., 2014). Включения амфибола в халькопирите встречаются и среди актинолит-хлорит-эпидотовых пропицитов по скарнам (Рисунок 24 г).

Следует отметить, что минералы золото-скарновой ассоциации могут встречаться не только в скарнах и скарноидах, но и в других породах, на которые были наложены пропицитоподобные изменения (скарнированные мраморизованные известняки, скарнированные ороговикованные алевролиты).

В сульфидных часто устанавливаются высокие концентрации золота (от 3 г/т до 1800 г/т). По данным А. И. Гусева, содержание золота в халькопирите месторождения Баяниха составляет

3.4 г/т, в борнитах месторождений Баяниха и Лог-26 – 81-85 г/т, в тетрадимите и халькозине месторождения Лог-26 содержание золота достигает 1800 г/т и 180 г/т соответственно (Гусев, 2013). Определения соотношения серы в пирите и борните месторождений Баяниха и Лог-26 дают незначительные отклонения от метеоритного стандарта, что указывает на мантийный источник серы, характерный для неконтаминированных магм. (Гусев, 2013).

Набор рудных минералов, характерных для золото-сульфидно-кварцевых минерализованных зон, ограничен пиритом и более редкими арсенопиритом и молибденитом, которые выделяются в составе золото-III-пирит-II-арсенопирит-II-молибденитовой-II ассоциации. **Пирит-II** почти всегда идиоморфен, встречается в виде отдельных мелких кристаллов размером 0.1-1 мм, часто кубического габитуса, зонально или по периферии замещается гидрогётитом (Рисунок 24ж, з). Пирит встречается в лиственитах (Рисунок 22 д), в березитах по риодацитам и дацитам, в березитизированных гранитоидах. Он образует рассеянную вкрапленность, просечки мощностью до 1-2 мм, а так же зафиксирован в кварцевых прожилках.

**Арсенопирит-II** встречается в виде призматических кристаллов, сростаний кристаллов размером до 0.2-0.3 мм, часто ассоциирует с пиритом в березитах по дацитам (Рисунок 22ж), но по сравнению с пиритом встречается реже. Включений золота в пирите и арсенопирите не наблюдается. **Молибденит-II** встречается редко, в виде единичных пластинчатых выделений размером до 0.1 мм в березитах. Характерно отсутствие борнита, халькозина и теллуридов, которые фиксируются только в скарнах.

Помимо месторождения Баяниха, золото-III-пирит-II-арсенопирит-II-молибденитовая-II ассоциация установлена так же и на месторождении Лог-26. По данным А.И. Гусева, в кварцевых жилах и лиственитах Лога-26 встречается две разновидности арсенопирита: зернистая и игольчатая. Причем содержание золота в игольчатой наиболее высокие (1400 г/т), а в зернистой почти на порядок ниже (45 г/т в ядерной части и 125 г/т на периферии зерен). (Гусев, 2013).

Как видно, в зонах золото-сульфидно-кварцевого состава и набор, и количество сульфидных минералов более ограничены по сравнению с золото-скарновой минерализацией. Примечательно, что пирит, халькопирит, арсенопирит, пирротин, молибденит и блеклая руда встречаются в обеих ассоциациях, но теллуриды, борнит и халькозин характерны только для золото-скарновой, и в составе золото-сульфидно-кварцевой не зафиксированы.

Таким образом, на месторождении Баяниха и месторождении Лог-26 установлены рудные тела золото-скарнового и золото-сульфидно-кварцевого типа. В отличие от проявления Сухая Грива, здесь вместо скарнов проявлены скарноиды, которые представляют собой ороговикованные мергели и известковистые алевролиты с полосами, линзами и участками

скарнов. В составе скарнов выделяются две разновременные минеральные ассоциации: гранат (I) + клинопироксен (I) и гранат (II) + клинопироксен (II), подверженные пропилитоподобным изменениям. Золотоносность скарноидов связана с постскарновыми пропилитоподобными изменениями, сопровождающимися карбонатизацией и окварцеванием, а так же с более поздними изменениями, которые выражены образованием (пирит)-кварц-хлорит-карбонатных листовитоподобных метасоматитов. Причем зоны последних макро не выделяются. Мощность ореолов пропилитоподобных изменений скарнов существенно больше, чем мощность рудных интервалов. Следует заметить, что распределение максимальных концентраций золота не связано как правило с зонами наиболее метасоматически измененных пород, что говорит об избирательной приуроченности золота к трещинам и неоднородностям. Подобные наблюдения были сделаны ранее на проявлении Сухая Грива.

Мощность березитоподобных изменений по кислым вулканитам достигает 7-12 м, а интенсивность изменений (количество новообразованных минералов) – до 75%. Однако следует отметить, что золотоносность этих пород в целом довольно низкая, не более 0.86 г/т по отдельным пробам. Самое высокое содержание 0.86 г/т получено по породам с максимальным количеством прожилков и линз кварца (С-54, 92.3-93.1 м, 0.86 г/т), в которых количество новообразованных серицита и карбоната составляет 65%. Таким образом, интенсивность березитоподобных изменений и их мощность не влияет в целом на интенсивность оруденения кислых вулканитов, которая зависит главным образом от степени окварцевания.

Золотоносные зоны окварцевания по другим породам так же сопровождаются березитоподобными изменениями вмещающих пород: исходные минералы замещаются новообразованными серицитом и карбонатом, иногда хлоритом. Как и в березитах по дацитам, не наблюдается закономерностей увеличения содержаний золота от интенсивно изменений. Как правило, максимальные содержания золота отмечаются непосредственно в кварцевых и карбонат-кварцевых жилах (4-5 г/т, к-006, к-028), в то время как в зонах штокверкового окварцевания содержания уменьшаются (1-2.5 г/т, к-006, к-028). Однако, есть и исключения. Например, в убого окварцованных алевролитах содержание золота составляет 8.32 г/т на 3 м (К - 028).

Согласно современным представлениям, березиты предшествуют рудоотложению, охватывая объемы пород, значительно превышающие объемы рудных тел. При этом рудная минерализация проявляется позже березитизации. Эти метасоматиты типичны для многих среднеглубинных месторождений в областях палеозойского и мезозойского орогенеза и тектоно-магматической активизации. Ареалы их распространения совпадают с областями развития гранитоидных массивов и комплексов даек. Березиты относятся к метасоматитам локального распространения, они приурочены к зонам разломов и зонам повышенного

рассланцевания и катаклаза (Жариков, 1998). Для метасоматитов Баянихи именно такая приуроченность.

Золото-сульфидно-кварцевое оруденение по набору рудных минералов отличается от золото-скарнового. Для золото-скарнового оруденения характерно наличие различных сульфидов меди, блеклых руд, которые обычно заполняют промежутки в нерудных минералах. Для золото-сульфидно-кварцевого обязательно присутствие пирита, наличие арсенопирита, реже отмечается молибденит. Пирит и арсенопирит обладают идиоморфизмом в отличие от рудных минералов в скарнах, пирит фиксируется в составе кварцевых прожилков, просечек, или образует зоны вкрапленности. Для сульфидов включения золота не характерны.

В целом выполненные исследования показали, что золотое оруденение сформировалось в две стадии. Первая стадия связана с формированием постскарновых пропилютоподобных изменений, представленных актинолитом, эпидотом, хлоритом, карбонатом и кварцем. В эту стадию формируются пирит-I, арсенопирит-I, пирротин-I, халькопирит-I, борнит, халькозин, сфалерит и халькопирит-II, висмутин, минералы группы теллуридов, самородный висмут. Во вторую стадию формируется золото-сульфидно-кварцевое оруденение, наложенное на скарны, скарноиды и дайки «пестрого» состава. Оруденение этой стадии часто сопровождается березитоподобными кварц-серицит-карбонатными изменениями даек. В скарноидах и скарнированных породах эта стадия проявлена образованием (пирит)-кварц-карбонатных прожилков. Список рудных минералов, в противоположность золото-скарновой стадии, довольно короткий и ограничен арсенопиритом-II, пиритом-II и молибденитом-II. Характерно, что борнит, халькозин, висмутин и минералы группы теллуридов не встречаются в породах, на которые наложено золото-сульфидно-кварцевое оруденение.

Характерно, что в отличие от месторождения Баяниха, на месторождении Лог-26 наблюдается более отчетливо выраженное пространственное совмещение золото-скарнового и золото-сульфидно-кварцевого оруденения.

### **3.2.2. Геохимическая характеристика золотого оруденения проявления Баяниха**

#### Характеристика вторичных ореолов рудных тел по результатам опытно-методических работ

Вторичные ореолы рассеяния золота и элементов-спутников, сопровождающие рудные тела, были изучены в ходе опытно-методических работ, которые проводились ФГУП ИМГРЭ в 2012-2014 гг. (Юшко и др., 2014). Как показали эти исследования, известные рудные тела

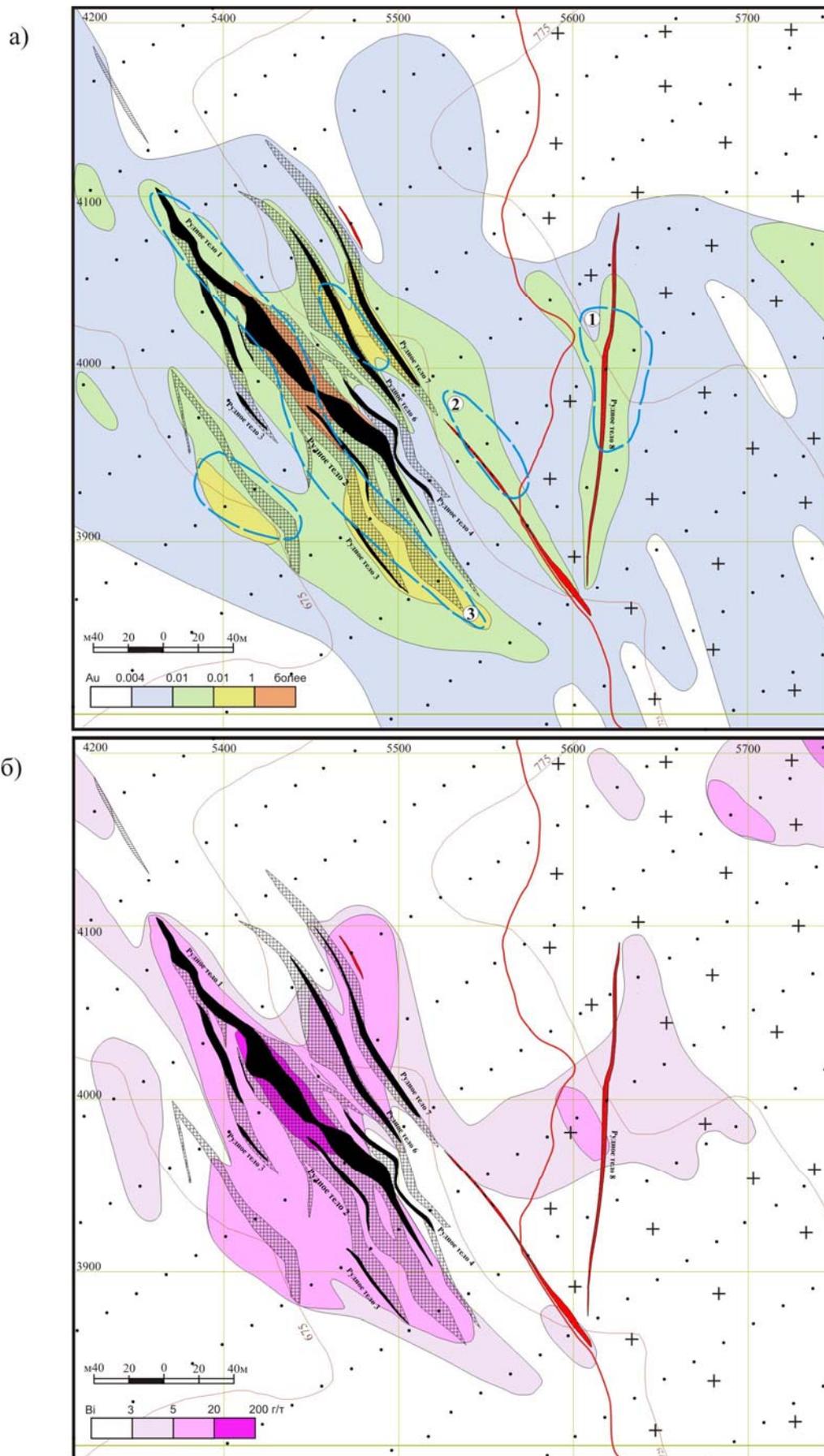
довольно четко фиксируются вторичными ореолами золота и элементов-спутников. В связи с этим геохимическая картина проявления служит своего рода эталоном для сравнения с геохимическими полями других проявлений и перспективных участков.

В целом вторичные ореолы рассеяния довольно отчетливо характеризуют положение рудных тел различного состава. **Золото** в ореолах по самым низким бортам отражает зону развития рассеянной минерализации, положение которой, вероятно, объясняется приуроченностью к выявленной тектонической зоне северо-западного простирания. Аномалии по более высоким бортам фиксируют положение всей золоторудно-скарновой зоны и положение золото-сульфидно-кварцевых тел, а самые контрастные аномалии – отдельные рудные тела и фрагменты главных тел (Рисунок 26а). Серебро, медь (Рисунок 27б), висмут (Рисунок 26б) и сурьма тяготеют к экзоконтактной области, наиболее контрастные ореолы отражают положение золото-скарновых тел и практически не развиты над золото-сульфидно-кварцевыми телами. При этом серебро и висмут довольно компактно накладываются на зону золоторудных скарнов, сурьма дает более узкие незамкнутые ореолы, а медь – более широкие незамкнутые ореолы, вероятно маркируя область развития рассеянной медно-сульфидной минерализации. Вольфрам и молибден тяготеют к гранитоидам массива, отражая положение золото-сульфидно-кварцевых тел и незначительно развиты над золото-скарновыми рудными телами (Рисунок 28). Мышьяк дает наиболее отчетливые ореолы над золото-сульфидно-кварцевыми телами, и частично фиксирует положение золото-скарновых тел (Рисунок 27а).

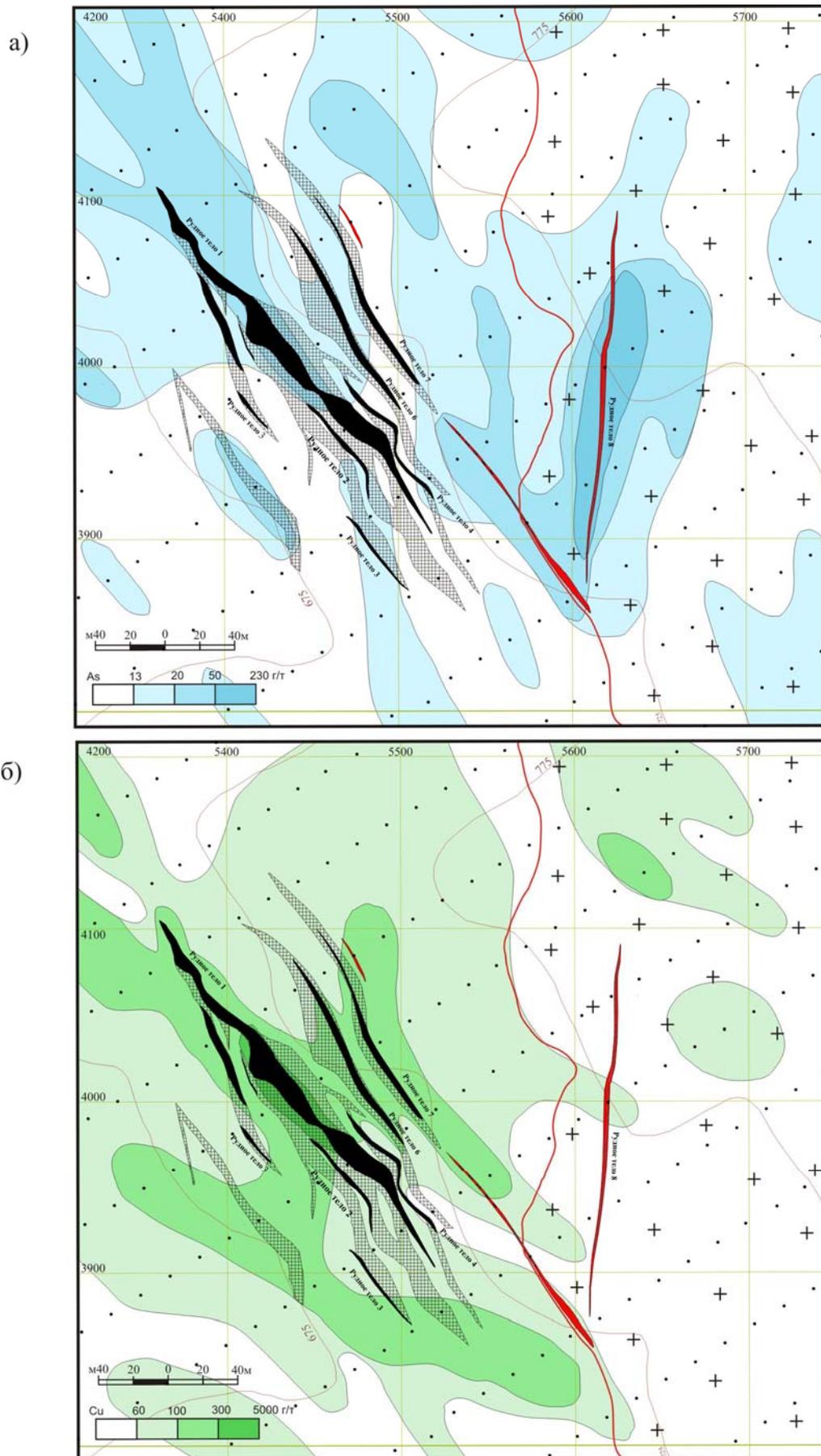
Таким образом, по направлению от контакта гранитоидов к терригенно-карбонатной толще количество молибдена и вольфрама убывает при увеличении концентраций золота, серебра, меди, висмута, сурьмы.

Важно отметить, к югу от Баянихинского разлома субширотной ориентировки ореолы вторичного рассеяния элементов проявлены очень слабо. Положение золотоносных скарнов подчеркивается ореолами золота, серебра, меди, висмута, частично сурьмы, мышьяка, вольфрама и молибдена (Рисунок 26, 27б). Золотоносные жилы и жильно-прожилковые зоны фиксируются ореолами золота, вольфрама, молибдена и мышьяка (Рисунок 27а, 28).

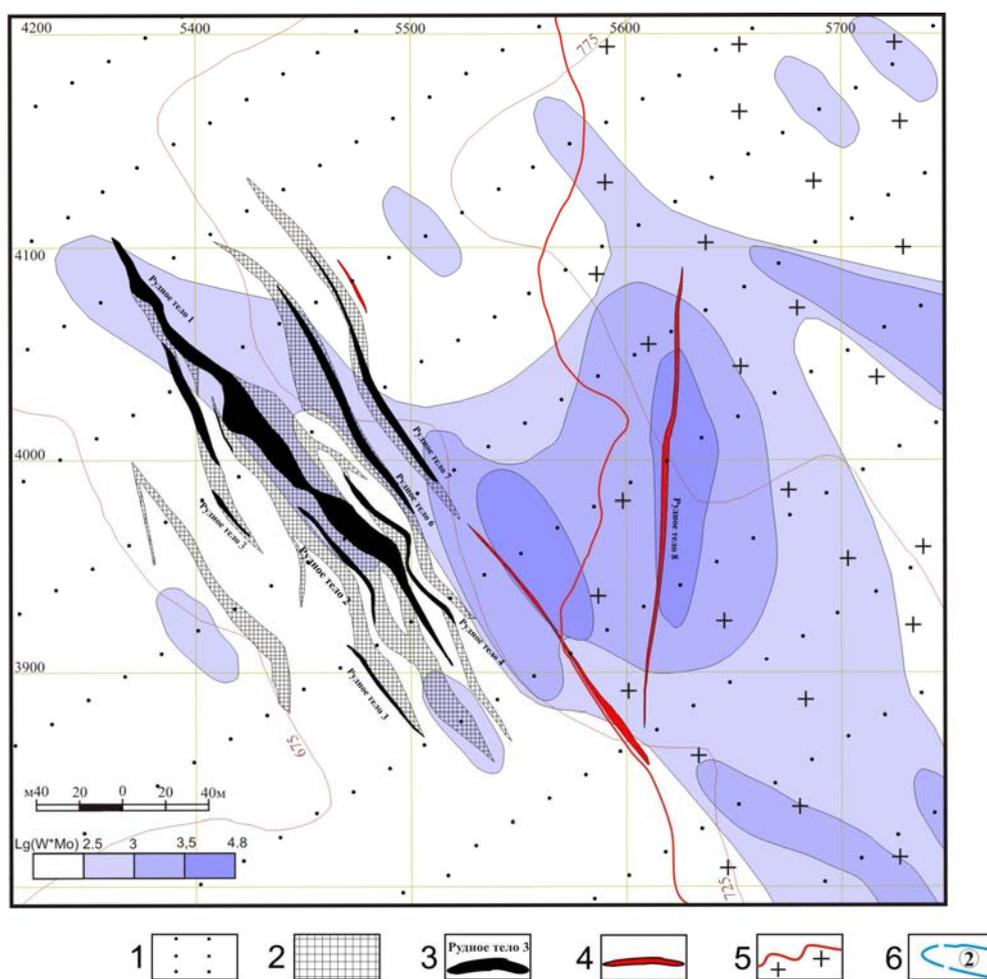
В целом на проявлении выделяется три аномальных геохимических поля (АГХП) (Юшко и др., 2014). Рудным телам в эндоконтакте массива гранитоидов, которые представлены кварцевыми жилами и зонами прожилкового окварцевания, соответствуют АГХП-1 и АГХП-2, которые имеют **Au-W-Mo-As** состав (Рисунок 26а). Золотоносным скарнам и скарноидам в области экзоконтакта массива соответствует АГХП-3, имеющее **Au-Ag-Bi-Cu-Sb-W** состав (Рисунок 26а) (Юшко, 2014). Состав аномальных полей, безусловно, отражает состав рудных минералов, характерных для рудных тел в эндоконтакте и непосредственно на контакте массива



**Рисунок 26.** Вторичные ореолы золота (а) и висмута (б) над известными рудными телами участка Баяниха. По материалам ФГУП ИМГРЭ (Юшко и др., 2014ф), с дополнениями автора. Условные обозначения см. на рисунке 28.



**Рисунок 27.** Вторичные ореолы мышьяка (а) и меди (б) над известными рудными телами участка Баяниха. По материалам ФГУП ИМГРЭ (Юшко и др, 2014), с дополнениями автора. Условные обозначения см. на рисунке 28.



**Рисунок 28.** Аномальные значения показателя  $Lg(W*Mo)$  над известными рудными телами проявления Байниха. По материалам ФГУП ИМГРЭ (Юшко и др., 2014), с дополнениями автора. 1 - места отбора проб (сеть 100x20 м), 2 - скарны, 3 - рудные тела в скарнированных породах, 4 - рудные тела, представленные жилами и жильно-прожилковыми зонами, 5-границы гранитоидов Топольнинского массива; комплексные аномальные геохимические поля (АГХП).

(кварцевые жилы и зоны прожилкования) и экзоконтакта (золотоносные скарны и скарноиды) (см. ниже).

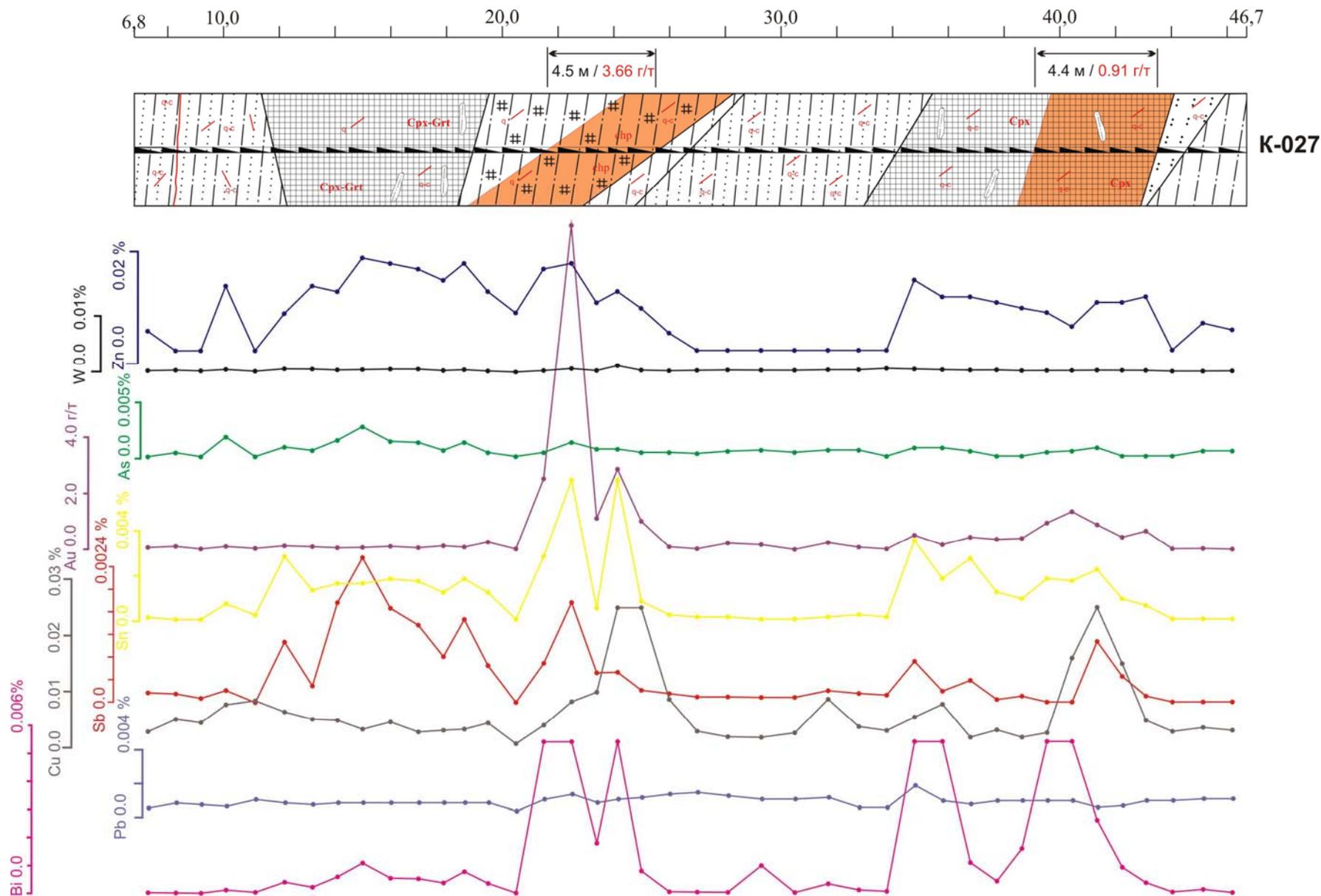
#### Характеристика первичных ореолов

В первичных ореолах золотоносные скарны и скарноиды выражены ореолами меди, висмута, олова, цинка, реже сурьмы, мышьяка (Рисунок 29). Ореолы меди отражают области развития медных минералов, висмута – вкрапленность висмутитина и висмутсодержащих теллуридов, цинка – вероятно, редкую вкрапленность сфалерита, олова – касситерита или станина, мышьяка – арсенопирита, сурьмы – минералов группы блеклых руд.

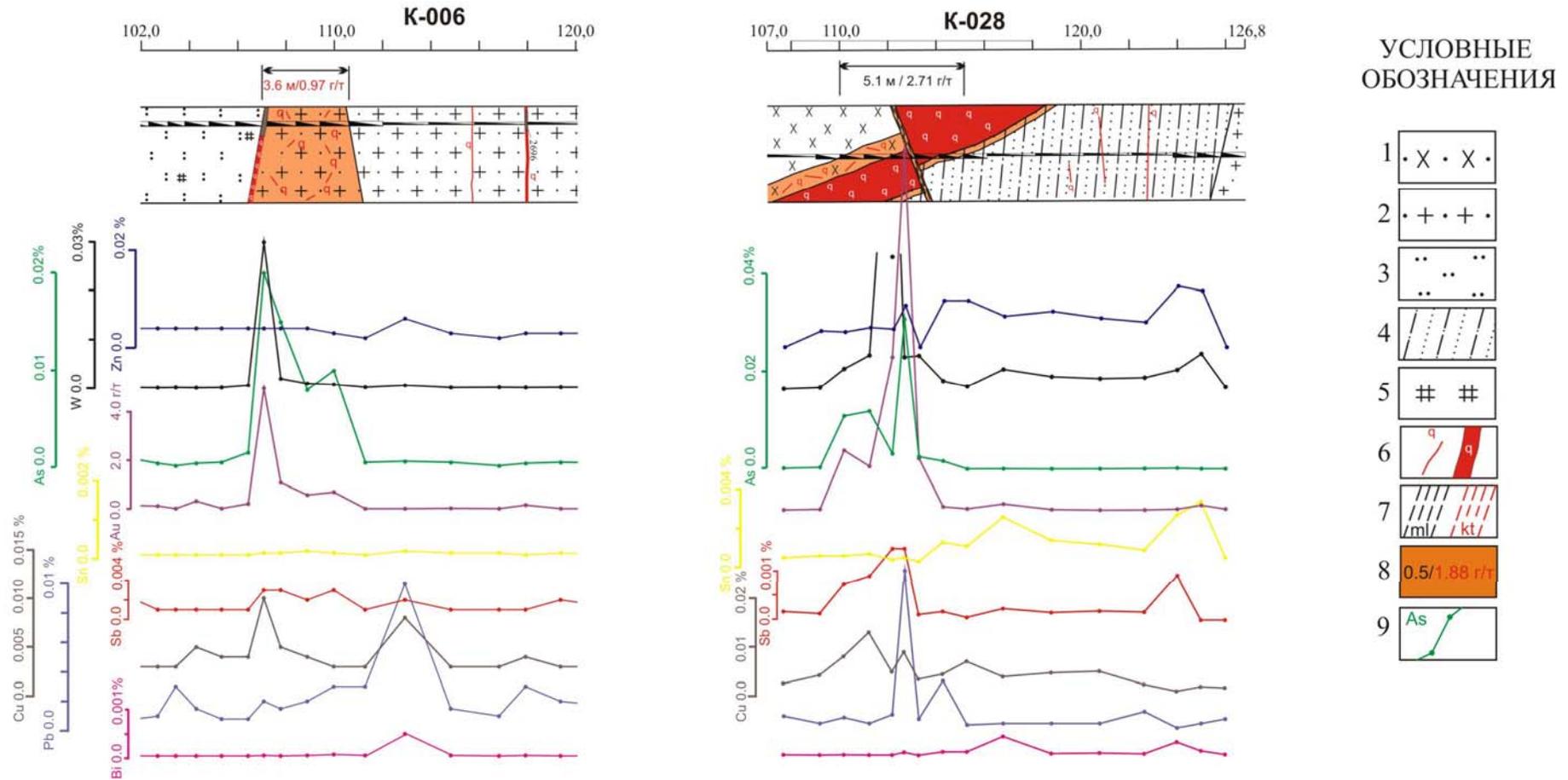
Для минерализованных зон золото-сульфидно-кварцевого состава характерны

первичные ореолы мышьяка, вольфрама, реже свинца и сурьмы (Рисунок 30). Ореолы вольфрама при удалении от контакта ослабевают. По сравнению с золотоносными скарнами, первичные ореолы золото-сульфидно-кварцевых минерализованных зон проявлены менее отчетливо. Ореолы мышьяка отражают характерную редкую вкрапленность арсенопирита, вольфрама – шеелита или вольфрамита, свинца – спорадическое присутствие редких зерен галенита, сурьмы – наличие редких зерен минералов группы блеклых руд или антимонита (?).

Таким образом, состав первичных и вторичных ореолов отражает состав рудных минералов, образующих вкрапленность в золоторудных зонах различного состава.



**Рисунок 29.** Первичные литохимические ореолы золотоносных скарнов и скарнированных пород проявления Баяниха. Геологический план вдоль полотна канавы K-027 масштаба 1:200 с геохимической нагрузкой. С использованием данных Рожченко и др., 2014. Условные обозначения на стр. 99.



1-диоритовые порфириты; 2-гранит-порфиры; 3-роговики различного состава; 4-алевропесчаники ороговикованные; 5-скарнирование пород; 6-прожилки кварцевые (q), кварцевые жилы (q); 7-зоны милонитизации (ml), катаклаза (kt); 8-рудные интервалы: 0,5 - мощность, 1,88 г/т - содержание; 9-Графики содержания элементов, определённые спектральным анализом по материалу борздовых и керновых проб (по аналитическим данным Рожченко и др., 2014).

**Рисунок 30.** Первичные литохимические ореолы золотоносных зон окварцевания и кварцевых жил проявления Баяниха. Геологический план вдоль полотна канав К-028, К-006 в масштабе 1:200 с геохимической нагрузкой. С использованием данных Рожченко и др., 2014. Рисунок 30

### 3.3. Типоморфизм самородного золота золоторудных проявлений Топольнинского рудного поля

Для изучения самородного золота были использованы «хвосты» бороздовых и керновых проб с трех главных золоторудных объектов Топольнинского рудного поля: проявления Сухая Грива, месторождений Баяниха и Лог-26. Хвосты были отмыты до «черного» шлиха с последующим отбором частиц золота под бинокулярным микроскопом. Золото было получено из 31 бороздовой и 7 керновых проб (Таблица 1). В целом в шлихах отмечается крайне незначительное, ничтожное количество рудных минералов, среди которых преобладает магнетит, реже встречаются сростания висмутина и тетрадимита, а так же пирит, халькопирит, молибденит и другие минералы. Содержания золота в пробах от 0.7 до 31.6 г/т по результатам пробирного анализа. (Таблица 1).

Исследования золота включали изучение гранулометрического состава, морфологии, степени изменения золота, наличия сростков с другими минералами, характера поверхности, химического состава и внутреннего строения выделений. Изучение химического состава включало определение пробности отдельных золотин, а так же набора и концентрации элементов-примесей (серебро, висмут, теллур, платина, медь, ртуть, цинк, вольфрам, мышьяк, палладий, олово, сурьма, свинец) рентгено-спектральным микроанализом (далее РСМА) на приборе JEOL JXA-8100. Для золота фракции +0.25 и +0.5 пробность определялась в трех точках (край-центр-край). Частицы крупностью +0.1 мм анализировались в одной точке. Значение пробности дано в промилле (‰), результаты анализов нормированы на 100.0%. В раздел так же включена характеристика самородного золота, изученного в аншлифах.

Внутреннее строение выделений золота исследовалось путем многоступенчатого селективного травления полированных срезов монтированных золотин раствором  $\text{CrO}_3$  в  $\text{HCl}$ . Выделялись первичные структуры самородного золота, структуры эпигенетических и гипергенных преобразований и др. При описании использовалась классификация, разработанная в ЦНИГРИ (Атлас..., 2015). Ниже приводится характеристика самородного золота по каждому проявлению.

Таблица 1.

Гранулометрический анализ золота из шлихов бороздовых и керновых проб участков Сухая Грива, Баяниха, Лог-26.

Проявление	Выработка	№ пробы	Интервал от-до, м	Характеристика пробы	Содержание Au (ПА), г/т	Фракция, мм	Кол-во знаков	
Сухая Грива	С-33	8006	52,1-53	скарн	3,52	+0.1	4	
		8005	51,2-52,1	скарн	1,92	+0.1	2	
		8012	58,0-59,5	скарн	0,64	+0.1	2	
	К-02-2	3185	61,8-62,8	скарн	4,98	+0.1	<b>33</b>	
		3066	4,6 - 5,3	скарн	12,22	+0.5	6	
						+0.25	<b>18</b>	
						+0.1	<b>340</b>	
		3192	68,8-69,8	скарн	0,66	+0.1	<b>20</b>	
		3191	67,8-68,8	скарн	2,52	+0.25	3	
						+0.1	<b>41</b>	
	3189	65,8-66,8	скарн	<0,2	+0.1	<b>23</b>		
	К-02-1	3132	12,0-13,0	скарн	1,56	+0.1	<b>14</b>	
		3133	13,0-14,0	скарн	1,26	+0.1	<b>36</b>	
		3138	18,0-19,0	скарн	0,34; 1,06	+0.1	9	
		3139	19,0-20,0	скарн	1,3	+0.25	1	
						+0.1	<b>19</b>	
		3140		скарн	2,34	+0.25	1	
						+0.1	<b>130</b>	
		3129	9,1 - 10,0	скарн	31,56	+0.5	13	
						+0.25	<b>29</b>	
		3131	11,0 - 12,0	скарн	6,52	+0.25	1	
	+0.1					<b>40</b>		
	3137		скарн	0,7	+0.1	<b>11</b>		
	3226	51,3 - 52,6	Диоритовый порфирит	0,8	+0.1	<b>12</b>		
	Баяниха	К-028	3235	3,0-6,0	алевролит слабо ороговикованный и слабо окварцеванный	8,32	+0.5	8
							+0.25	<b>12</b>
							+0.1	<b>133</b>
		3315	112,1-112,9	кварц жильный	4,8	+0.5	3	
+0.25						<b>21</b>		
+0.1						<b>121</b>		
3316		112,9-113,1	милонит по кварцевой жиле	13,72	+0.25	2		
					+0.1	<b>37</b>		
К-006		2688	107,0-107,2	кварц жильный	4,16	+0.25	2	
		2689	107,2-108,4	гранит-порфир с лимонитом	1,24	+0.1	<b>10</b>	
С-54		8686	99-100	скарн	0,38; 1,44	+0.25	1	
		8685	98-99	скарн	1,2	+0.1	6	
К-027		3379	21-22	алевролит скарнированный	3,92	+0.25	1	
						+0.1	<b>35</b>	
		3380	22-23	алевролит скарнированный	8,74	+0.5	3	
	+0.25					2		
	+0.1					<b>195</b>		
3399	40,0-40,9	скарн	1,32	+0.1	<b>10</b>			
3400	40,9-41,8	скарн	1,08	+0.1	5			
3411	1,2-2,1	роговик	1,14	+0.1	<b>12</b>			
К-020	2895	40,5-41,2	известняк слабоскарнированный	1,22	+0.1	<b>12</b>		
	2896	41,2-42	известняк слабоскарнированный	2,76	+0.1	7		
	2897	42-42,8	известняк слабоскарнированный	2,52	+0.1	3		
	2922	78,4-79,4	алевролит скарнированный	8,74	+0.25	7		
					+0.1	<b>181</b>		
2923	79,4-80,4	алевролит скарнированный	0,56	+0.1	6			
К-021-1	2750	1,0-1,8	алевролит ороговикованный	1,24	+0.1	3		
	2760	8,2-9,0	известняк слабоскарнированный	1,64	+0.1	<b>29</b>		
С-46	7501	178,4-179,4	скарн	1,44	-0.1	1		
	7499	176,3-177,4	скарн	1,58	+0.1	1		

### 3.3.1. Самородное золото проявления Сухая Грива

Золото на проявлении **Сухая Грива** весьма мелкое и мелкое, единичные знаки относятся к среднему классу размерности с максимальным размером 1.6 мм. Золото правильных форм встречается редко и представлено изометричными и искаженными кристаллами, реже встречаются двойные, цепочковидные, палочковидные, проволоковидные и нитевидные сростки кристаллов, пластинчатые сростки кристаллов с элементами дендритного роста, дендритоиды. Преобладают частицы неправильного типа – комковидные, комковидно-ячеистые, интерстициальные, реже трещинно-прожилковые (Рисунок 31), иногда с элементами интерстициального роста. Заметная доля принадлежит частицам смешанного типа (гемиидиоморфные), которые представлены главным образом цементационными формами (комковидные, комковидно-ячеистые) с кристаллическими выступами. Для правильных частиц и кристаллических выступов гемиидиоморфных частиц характерно притупление ребер и незначительное округление граней.

Поверхность правильных частиц и кристаллических выступов гемиидиоморфных частиц ровная; у остальных выделений ровная, ямчатая и ячеисто-ямчатая, ячеистая до мелкоячеистой, иногда отмечаются следы ступенчатого роста. Золото некорродированное и слабокорродированное, единичные частицы умеренно корродированы.

Встречены сростания золота с рудными минералами (в том числе с висмутином и тетрадимитом), часто окисленными (в том числе окислы висмута и теллура, тонкие пленки окислов железа) и нерудными (кварц, гранат, клинопироксен, амфибол, карбонат) минералами (Рисунок 32, 36e). В ряде случаев на поверхности частиц наблюдаются примазки кварц-гидролюдистого вещества.

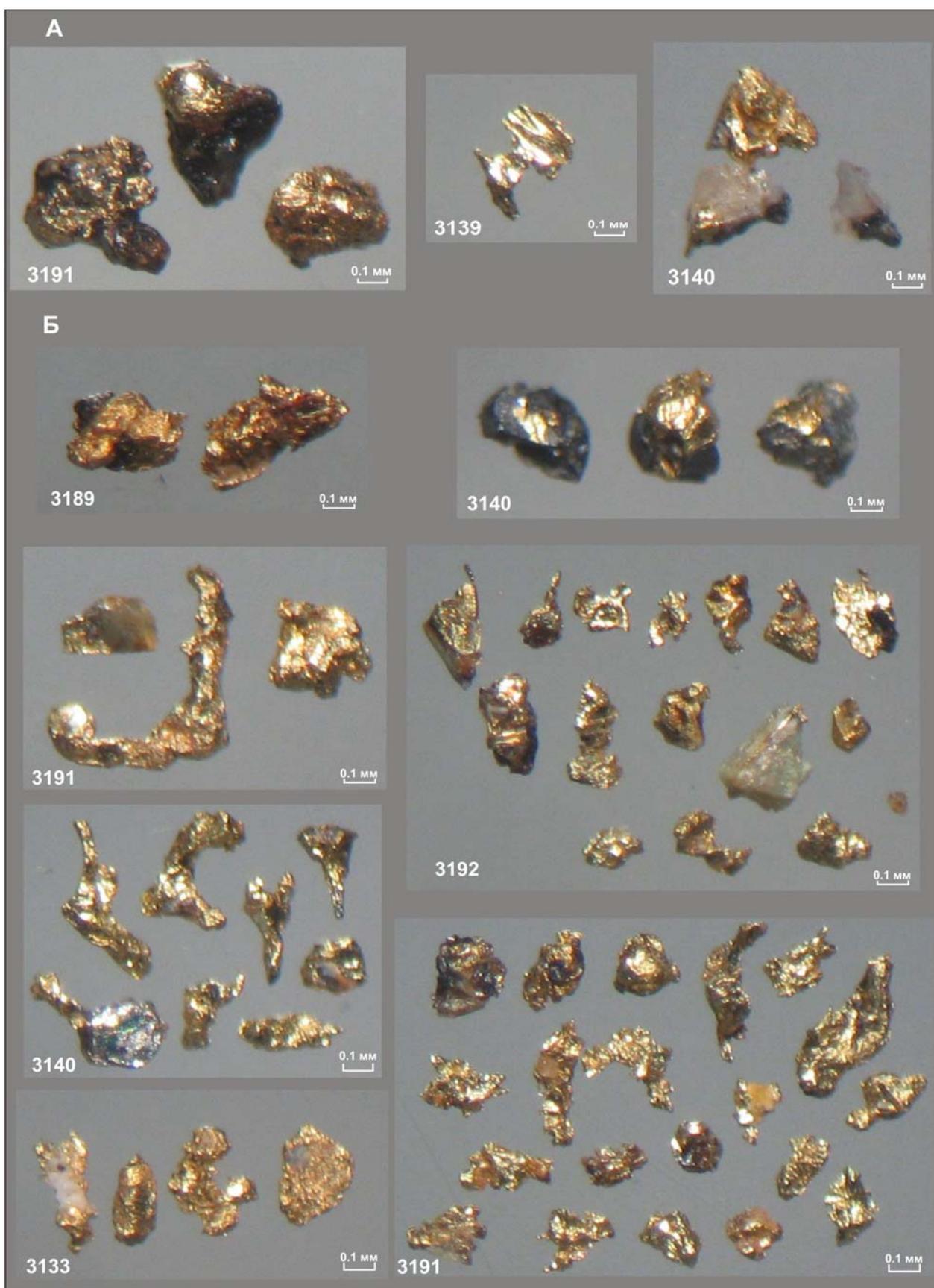
Пробность варьирует от 774 до 890 ‰, средняя 844‰ (Таблица 2). Распределение золота двухмодальное – на гистограмме отчетливо выделяется 2 группы золота различной пробности, разделенные резким переходом:

1 – золото среднепробное, от 866 до 890‰;

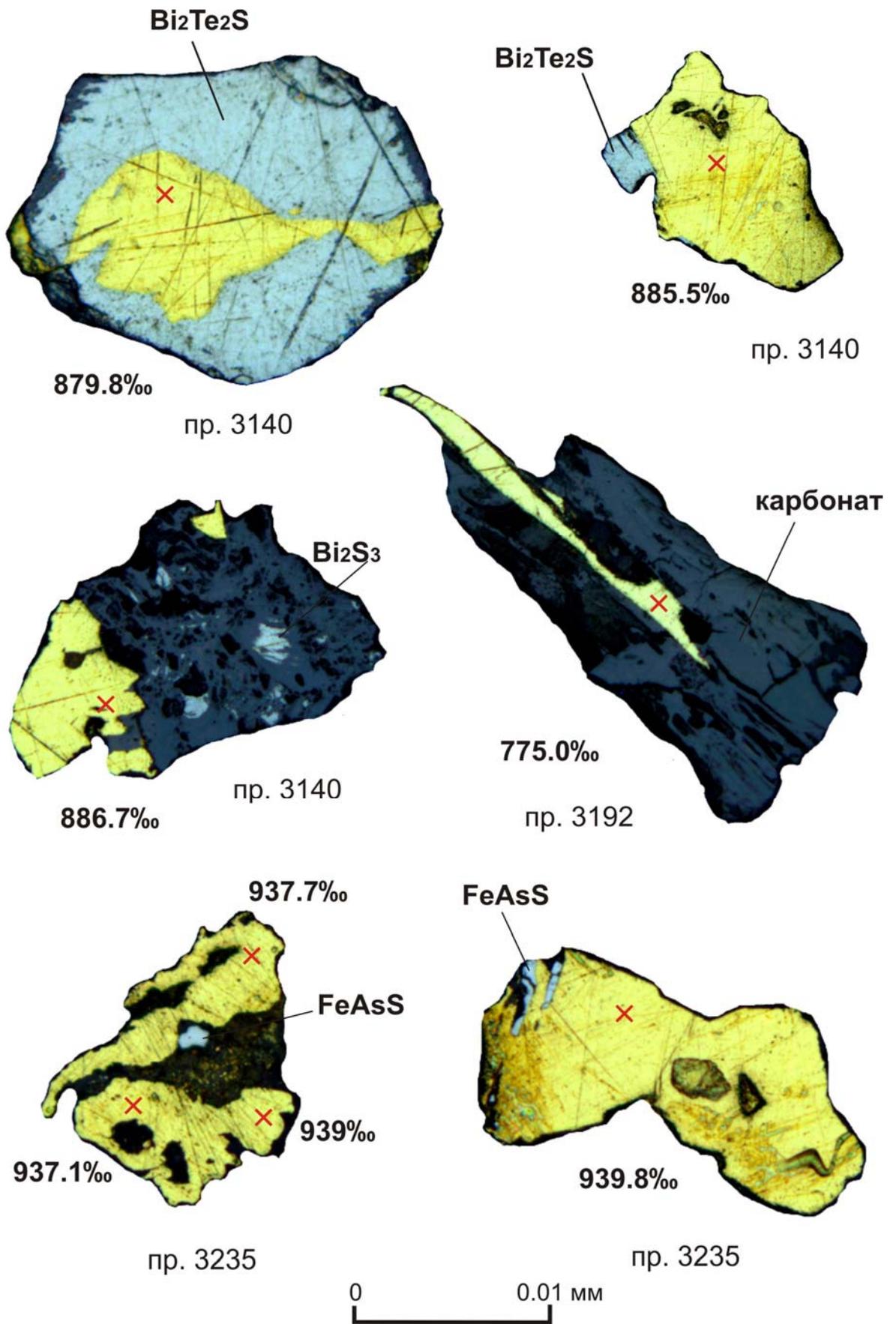
2 – золото относительно низкопробное до среднепробного, от 774 до 835‰ (Рисунок 37).

На проявлении Сухая Грива среди элементов-примесей в золоте отмечены теллур, ртуть, висмут, платина и цинк при незначительной доле других элементов.

Для каждой группы было рассчитано среднее содержание каждого элемента, а так же сумма средних содержаний элементов-примесей (Таблица 2). Для второй группы характерно наибольшее значение суммы примесей – 0.4%. Для первой группы это значение почти в два раза меньше и составляет 0.24%.



**Рисунок 31.** Самородное золото правильных, комковидных, трещинно-прожилковых и гемиидиоморфных форм из скарнов проявления Сухая Грива. Пробы 3133, 3139, 3140, 3189, 3191, 3192.



**Рисунок 32.** Самородное золото проявления Сухая Грива (пр. 3140, 3192) и проявления Баяниха (пр. 3235) в ассоциации с висмутином, тетрадимитом, арсенопиритом и карбонатом. Монтированный полированный шлиф. Отраженный свет.

Группы четко отделяются по примеси ртути (Рисунок 33). В первой ртуть появляется спорадически и в количестве не более 0.09%, во второй фиксируется почти во всех замерах при максимальном количестве 0.24%. Примеси теллура (0.01-0.12%) и висмута (0-0.37%) присутствуют в золоте обеих групп пробности, но при уменьшении пробности их количество постепенно возрастает (Рис. 37). Для первой группы среднее количество теллура – 0.04%, висмута – 0.13%; для второй 0.08% и 0.17% соответственно. Среднее значение остальных элементов обычно не превышает 0.01%. Распределение элементов-примесей в зависимости от пробности золота наглядно продемонстрировано на гистограммах (Рисунок 33), средние, максимальные и минимальные содержания элементов отражены таблице (Таблица 2).

Основная часть золота имеет монокристаллическое строение с развитием по периферии зерен гипергенной коррозионной оболочки более высокопробного золота. В одной из частиц зафиксирован межзерновой прожилок высокопробного золота, образование которого так же связано с процессами гипергенеза. Иногда отмечаются простые или полисинтетические двойники роста. Единичные частицы имеют неоднородное строение, структуры деформации (Рисунок 34). В целом, кристаллизация золота происходила в относительно спокойных условиях.

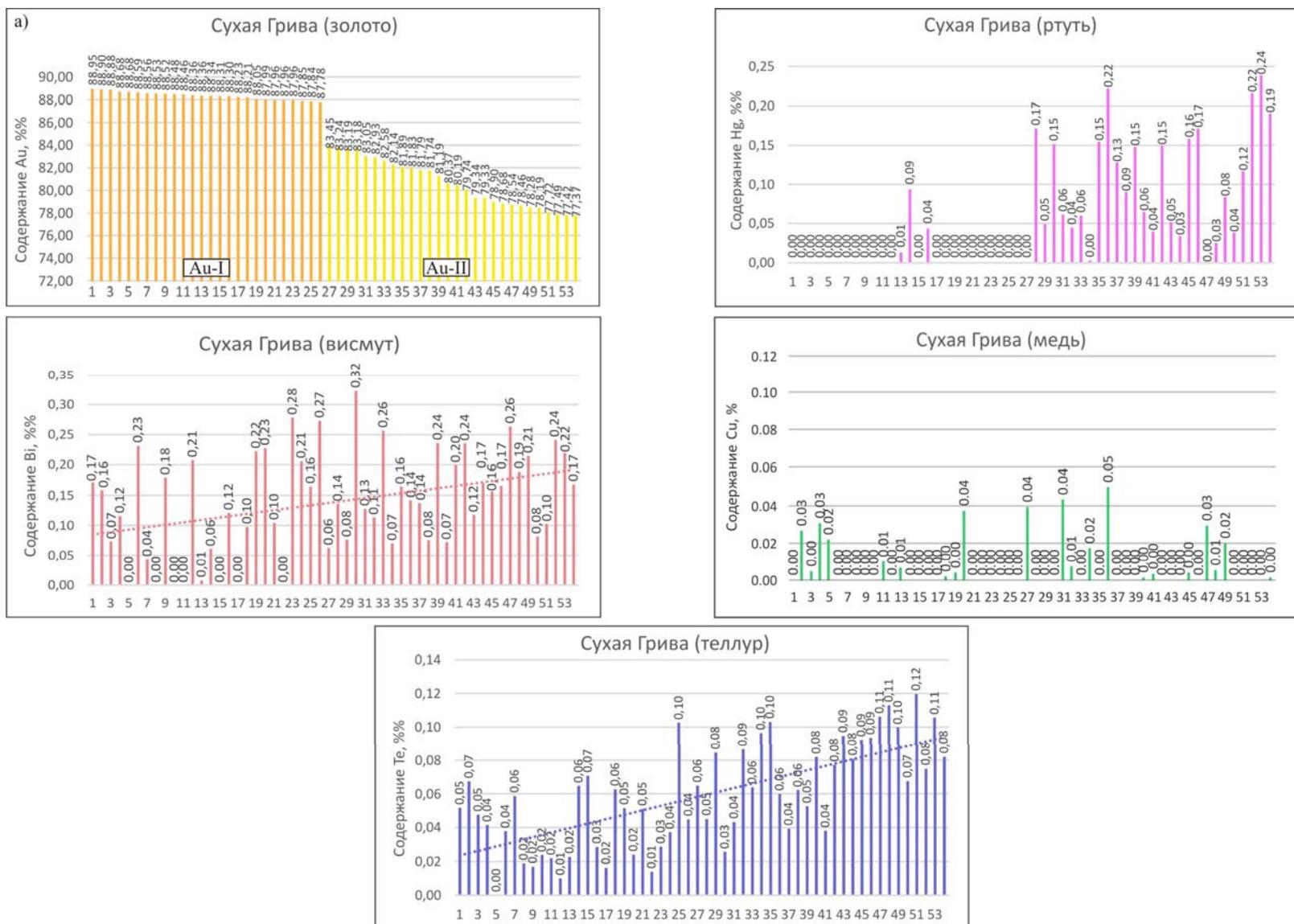
Таблица 2.

Распределение содержаний золота, серебра и элементов-примесей в золоте-I и золоте-II проявления Сухая Грива по данным РСМА.

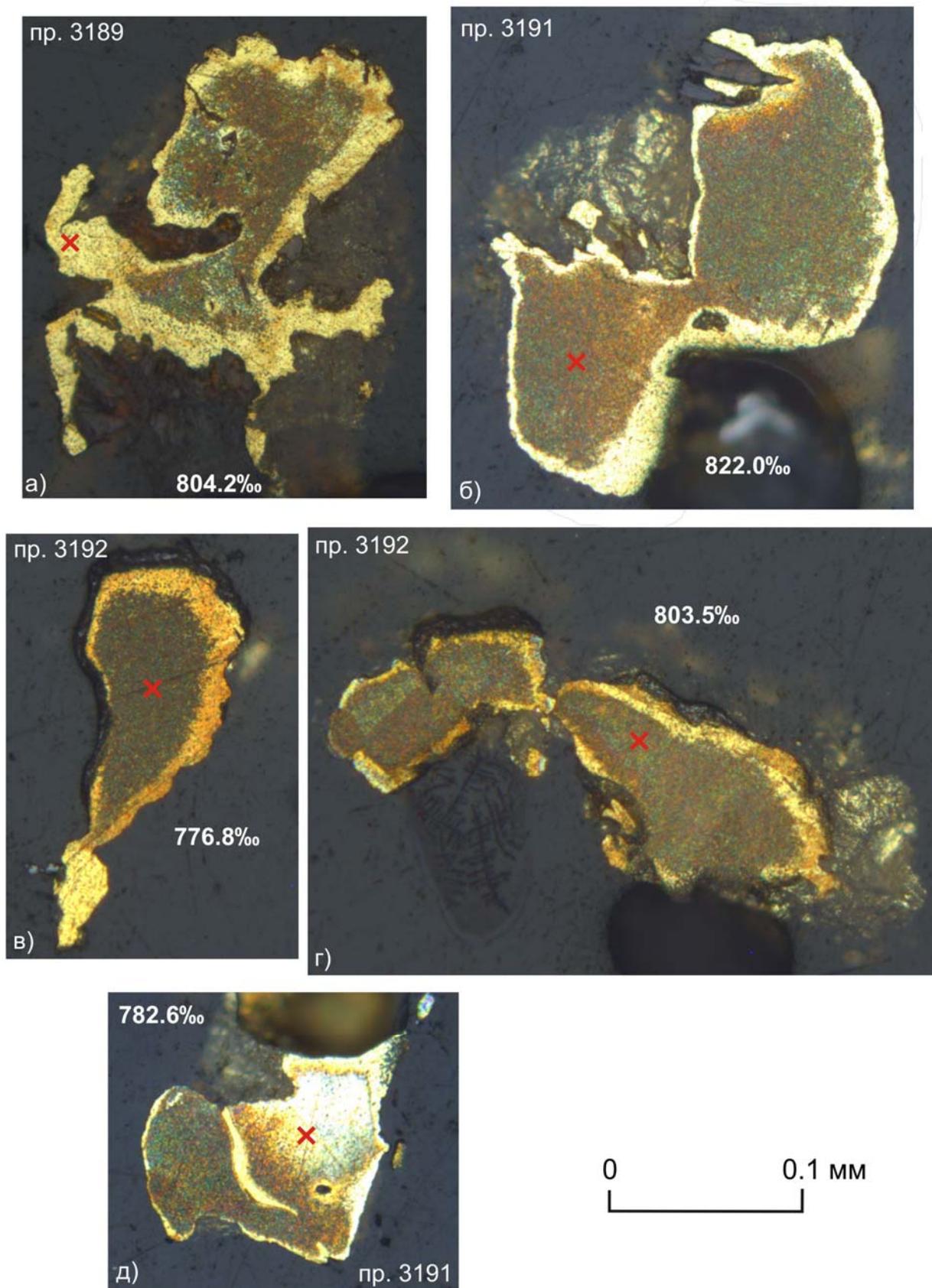
Распр-е по типам	Содержание элементов, %%														Сумма примесей
	Au	Ag	Bi	Te	Pt	Cu	Hg	Zn	W	As	Pd	Sn	Sb	Pb	
<b>1-Средн.</b>	<b>88.34</b>	<b>11.42</b>	<b>0.13</b>	<b>0.04</b>	<b>0.01</b>	<b>0.01</b>	<b>0.01</b>	<b>0.01</b>	<b>0.01</b>	<b>0.01</b>	<b>0.00</b>	<b>0.00</b>	<b>0.00</b>	<b>0.00</b>	<b>0.24</b>
1-Max	88.95	11.90	0.37	0.10	0.12	0.04	0.09	0.06	0.08	0.04	0.00	0.02	0.03	0.00	
1-Min	87.78	10.67	0.00	0.01	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	
<b>2-Средн.</b>	<b>83.42</b>	<b>19.82</b>	<b>0.17</b>	<b>0.08</b>	<b>0.02</b>	<b>0.01</b>	<b>0.11</b>	<b>0.01</b>	<b>0.00</b>	<b>0.01</b>	<b>0.00</b>	<b>0.00</b>	<b>0.00</b>	<b>0.00</b>	<b>0.40</b>
2-Max	83.45	22.11	0.32	0.12	0.12	0.05	0.24	0.08	0.06	0.02	0.01	0.00	0.02	0.02	
2-Min	77.37	16.29	0.06	0.03	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	

Таким образом, на проявлении Сухая Грива выделяется два типа золота: среднепробное **золото-I** и низко- среднепробное **золото-II**. Среди золотин преобладают частицы неправильной формы при заметной доле смешанных форм и относительной редкости правильных. Выделяемые типы имеют следующие характеристики: **золото-I** – среднепробное, от 866 до 890‰, присутствуют примеси висмута и теллура, сумма примесей 0.24%; **золото-II** – относительно низкопробное до среднепробного, от 774 до 835‰, присутствуют примеси висмута, теллура и ртути, сумма примесей 0.40%. Оба типа связаны с формированием постскарновой пропилютоподобной ассоциации, часто образуя сростания с амфиболом, карбонатом, кварцем, а так же висмутином и тетрадимитом.

Внутреннее строение золота обоих типов идентичное, указывает на кристаллизацию в относительно спокойных условиях и на пребывание части золота в условиях гипергенеза.



**Рисунок 33.** Гистограммы распределения: пробности золота (а); висмута (б), теллура (в), ртути (г) и меди (д) при уменьшении пробности золота. Пунктиром обозначен тренд изменения содержаний висмута и теллура. Содержания элементов определены методом электронного микронзонда по 54 замерам. Золото из скарнов проявления Сухая Грива..



**Рисунок 34.** Структуры самородного золота. а-б) - высокоробная оболочка по периферии зерен, в) каплевидный срез золотины с высокопробной оболочкой по периферии и более высокопробным наростом, г) полисинтетические двойники золота, д) золотины неоднородного строения с межзерновым высокопробным прожилком более высокопробного золота. Проявление Сухая Грива. Монтир. полир. шлиф, травление  $\text{CrO}_3 + \text{HCl}$ .

### 3.3.2. Самородное золото проявления Баяниха

На проявлении Баяниха было изучено золото из скарноидов и скарнированных алевролитов, кварцевых жил, окварцованных ороговикованных алевролитов и окварцованных лимонитизированных гранит-порфиров. Целью исследований было сравнение особенностей золота из скарнов, скарнированных пород и из пород, золотоносность которых связана с формированием золото-сульфидно-кварцевой ассоциации.

#### *Скарноиды и скарнированные алевролиты.*

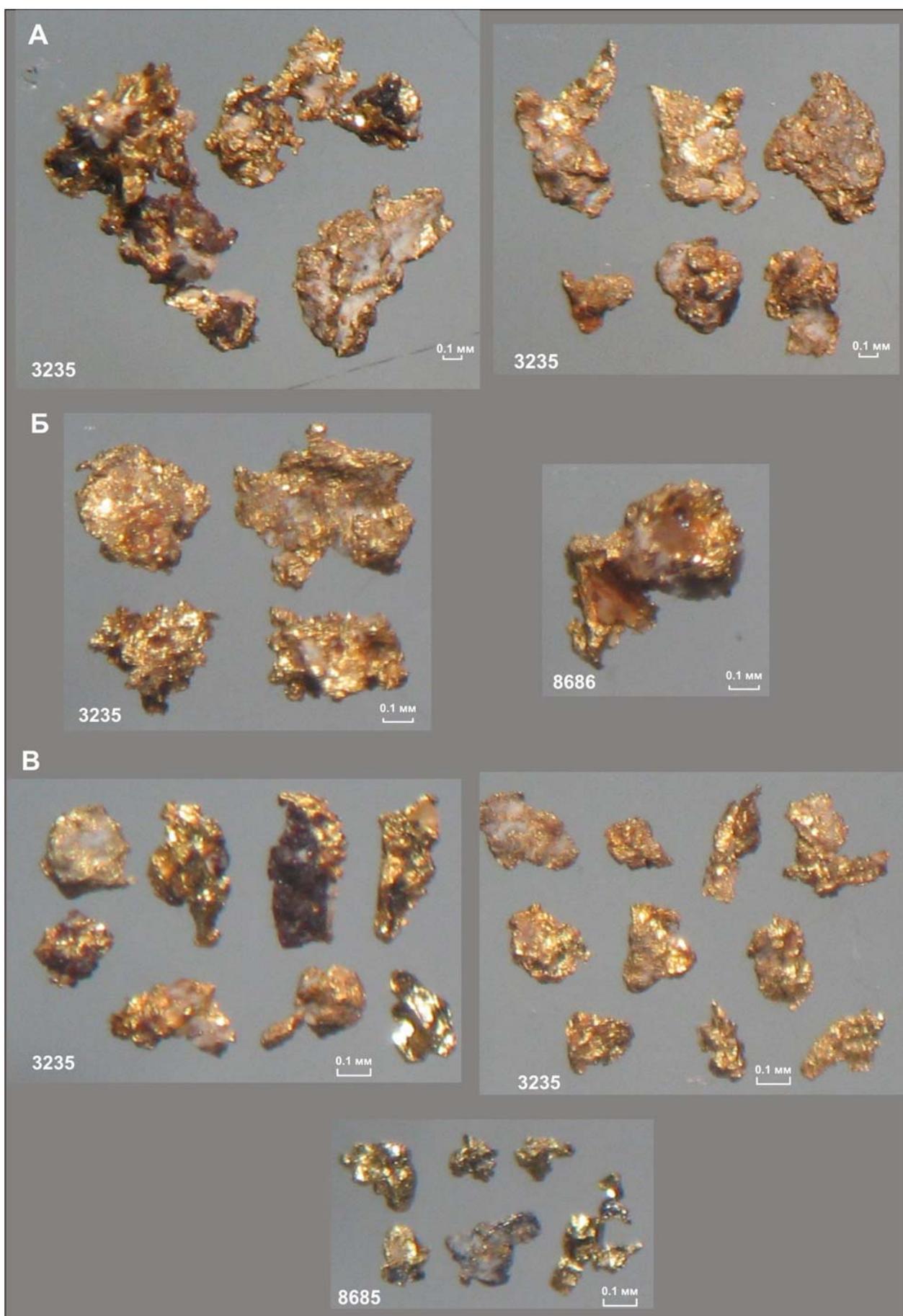
Золото из скарнов весьма мелкое и мелкое, максимальный размер частиц по длинной оси составляет 0.6 мм. Правильные выделения встречаются реже и представлены трехмерными и единичными пластинчатыми кристаллами, их двойными, цепочковидными и друзовидными сростками. Преобладают частицы неправильных (трещинно-прожилковые, цементационные, комковидные, интерстициальные) и смешанных форм (Рисунок 35). Гемиидиоморфные частицы характеризуются комковидными формами с кристаллическими выступами, иногда со следами дендритного роста. У цементационных форм иногда наблюдаются элементы интерстициального роста. Для правильных форм и кристаллических выступов гемиидиоморфных выделений характерно притупление ребер.

У правильных форм и кристаллических выступов гемиидиоморфных выделений поверхность преимущественно ровная, у остальных форм – от ровной до ямчатой и ячеистой, со следами индукционной штриховки в отпечатках вмещающих минералов. Коррозия в целом слабая или зародышевая, в отпечатках вмещающих минералов отсутствует. Умеренная коррозия встречается у отдельных знаков, но может иметь и заметное распространение, особенно у полуокатанных частиц. Встречаются не корродированные знаки.

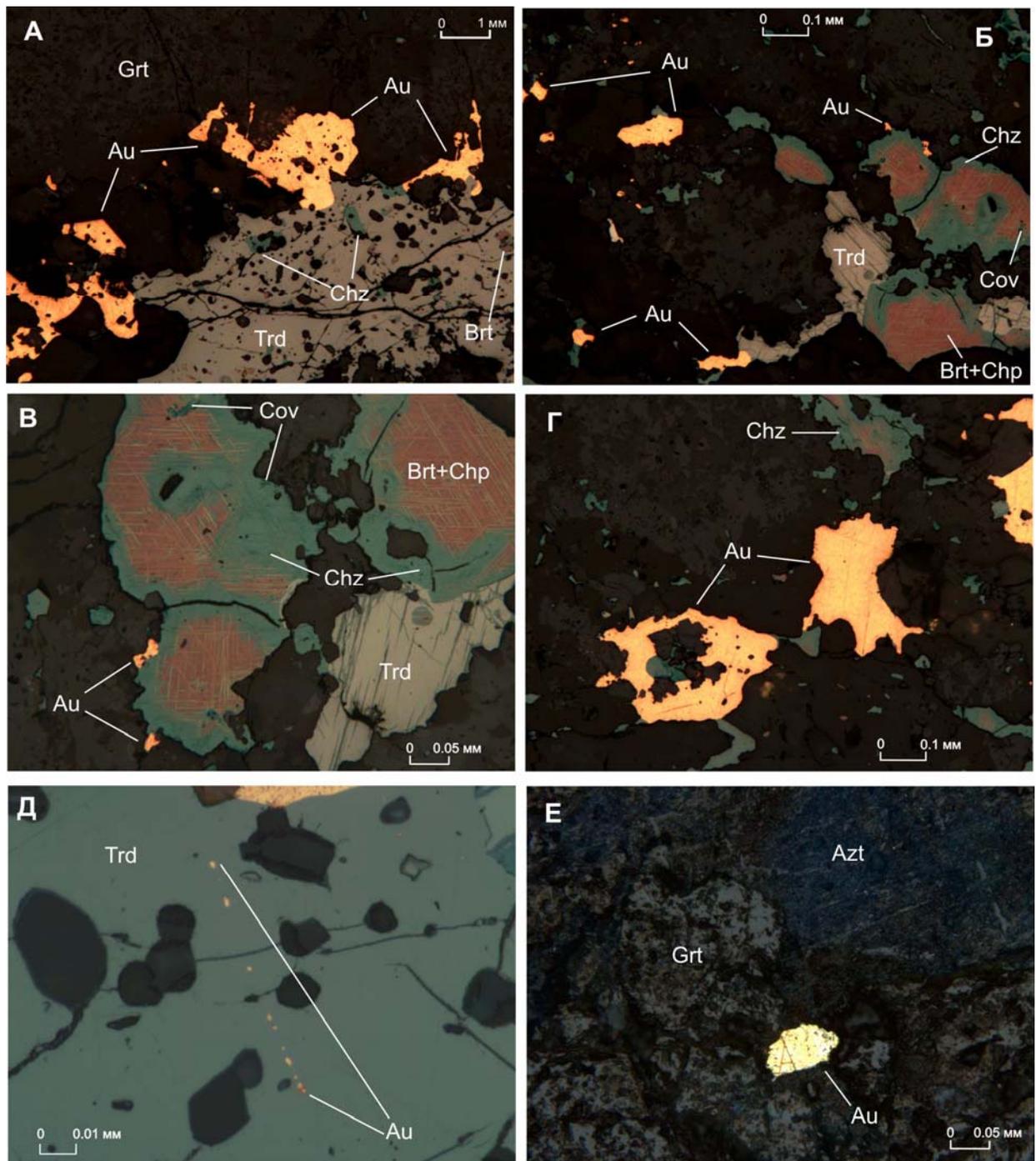
Для знаков характерны сростания с кварцем, сростания с амфиболом (актинолитом?), окисленными и полуокисленными сульфидами.

По данным минераграфических исследований золото установлено в сростании с блеклой рудой, халькозином, борнитом (Рисунок 36а-д). Иногда золото цементирует гранат и обрастает халькозин. Форма частиц на полированном срезе – неправильная, близкая и изометричной, слабоудлиненная (каплевидная) до удлиненной (Рисунок 36). Мельчайшие близизометричные и слабоудлиненные включения золота, около 0.001-0.002 мм, зафиксированы в тетраэдрите и молибдените (Рисунок 36д).

*Слабо ороговикованные окварцеванные алевролиты.* Золото в целом весьма мелкое и мелкое, единичные зерна среднего класса размерности, до 1.3 мм по длинной оси. Правильные формы представлены единичными искаженными кристаллами. Преобладают неправильные



**Рисунок 35.** Самородное золото комковидно-ячеистых, комковидных, трещинно-прожилковых, интерстициальных форм из скарноидов (пр. 8686, 8685) и окварцованных ороговикованных алевролитов (пр. 3235) месторождения Баяниха.



К рисунку 36: а) - самородное золото в сростании тетраэдритом, б) выделения самородного золота в скарне, пространственно ассоциирующие с борнитом, халькозином и блеклой рудой, в) самородное золото нарастает на халькозин, который замещает борнит и образует каемку по периферии его зерен, г) - самородное золото в интерстициях скарна, цементирует борнит, халькозин, гранат (?), д) мельчайшие включения золото в тетраэдрите, е) выделение самородного золота по трещине в гранате. Рис. а-д - проявление Баяниха, шурф ш-2, е) - проявление Сухая Грива, канава к-01-2, пикет 0.4 м. Сокращения: Au - золото, Brt+Chp - борнит с халькопиритовой решеткой, Trd - тетраэдрит, Chz - халькозин, Cov - ковеллин, Grt - гранат, Azt - азурит.

**Рисунок 36.** Ассоциации самородного золота с рудными (проявления Баяниха (а-д)) и нерудными минералами (проявление Сухая Грива (е)).

Для правильных частиц и кристаллических выступов гемиидиоморфных частиц характерно притупление ребер.

Поверхность ячеистая и ямчатая, реже ровная. Преобладает слабо корродированное золото, встречаются умеренно корродированные и некорродированные выделения. Отмечаются включения окисленных и полуокисленных сульфидов, мелкие включения арсенопирита (Рисунок 32), и глинистых минералов.

*Кварцевые жилы.*

Золото относится к весьма мелкому и мелкому классу размерности, максимальный размер частиц составляет 0.8 мм. Правильные формы представлены плохо ограненными редкими изометричными и уплощенными кристаллами. Преобладают неправильные (трещинно-прожилковые, цементационные (комковидные и ячеистые)) и смешанные формы. Редко встречаются интерстициальные выделения. Гемиидиоморфные формы представлены комковидно-ячеистыми, реже трещинно-прожилковыми выделениями с кристаллическими выступами по периферии, а так же несовершенными кристаллами. У отдельных гемиидиоморфных знаков отмечаются элементы дендритного роста. Встречено одно палочковидное выделение. Для кристаллов и кристаллических выступов смешанных форм характерно притупление ребер.

Поверхность знаков, как правило, ровная и ячеистая, реже ямчатая. Часто на поверхности видны отпечатки вмещающих минералов. Коррозия проявлена неравномерно, от зародышевой до слабой, встречаются умеренно корродированные и не корродированные выделения. В отпечатках вмещающих минералах коррозия отсутствует.

Характерно срастание с частично ожелезненным и бесцветным кварцем, на поверхности знаков наблюдаются примазки и пленки гидрослюдистого вещества и гидроокислов железа, наблюдаются срастание с окисленными рудными минералами.

Таким образом, золото из кварцевых жил и окварцованных пород морфологически сходно с золотом из скарноидов и скарнированных алевролитов. Для разных пород характерно преобладание неправильных (цементационных и трещинно-прожилковых) форм при заметной роли гемиидиоморфных и резко подчиненной роли кристаллов и их сростков. Вероятно, это следует объяснять сходностью петрофизических свойств обстановок отложения. И скарноиды, и кварцевые прожилки представляют собой хрупкие среды, для которых характерно формирование разноориентированных трещин, локальные участки интенсивного дробления и редкие мелкие пустоты. Все это предопределило формирование преимущественно неправильных, цементационных и трещинно-прожилковых форм. Локальные микро пустоты в кварцевых прожилках и межзерновые интерстиции в скарноидах способствовали росту кристаллов и смешанных форм с характерными кристаллическими выступами. Кристаллы

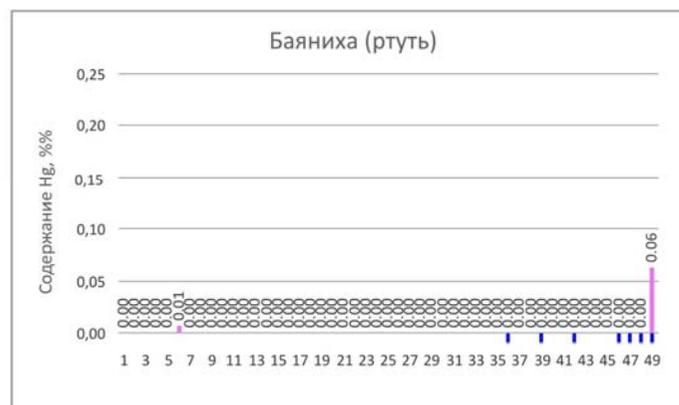
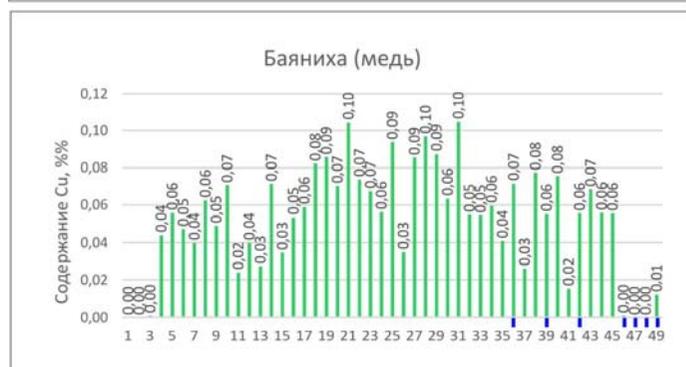
преимущественно искаженные и близизометричные, как правило без четкой огранки, редко в них угадывается тетраэдрический габитус. Форма кристаллов указывает на слабую реализацию условия свободного роста, необходимого для формирования правильных форм.

Микронзондовым анализом изучалось золото из скарнов и окварцованных алевролитов. Пробность варьирует от 887.74 до 966.60‰, средняя пробность 938.83‰ (Таблица 3). Отчетливо выделяются три группы пробности золота (Рисунок 37):

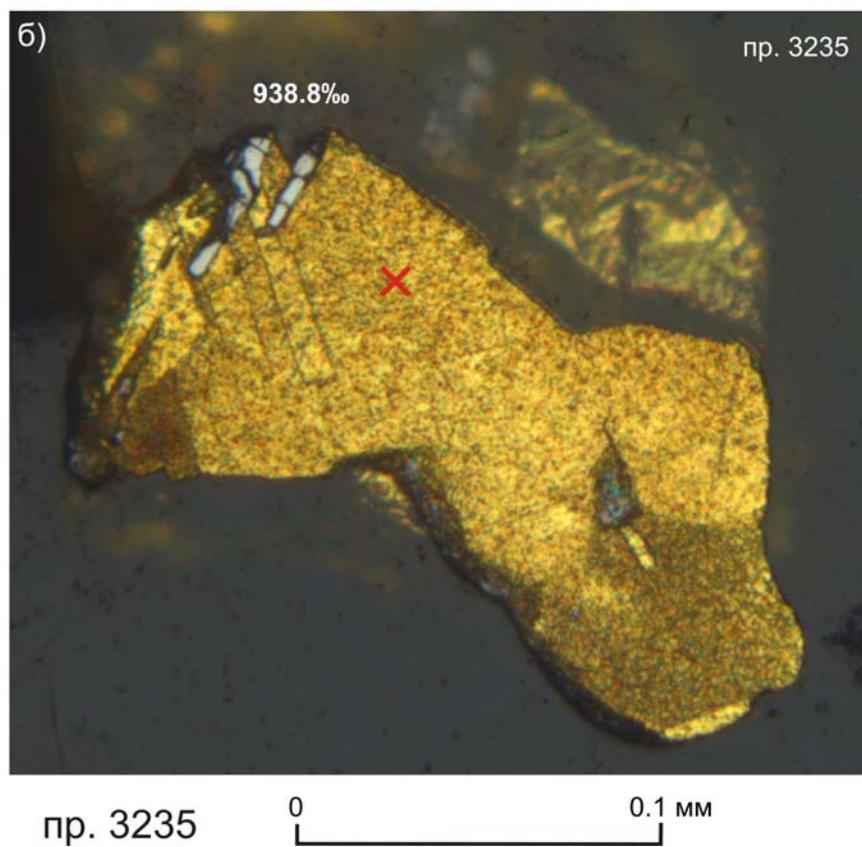
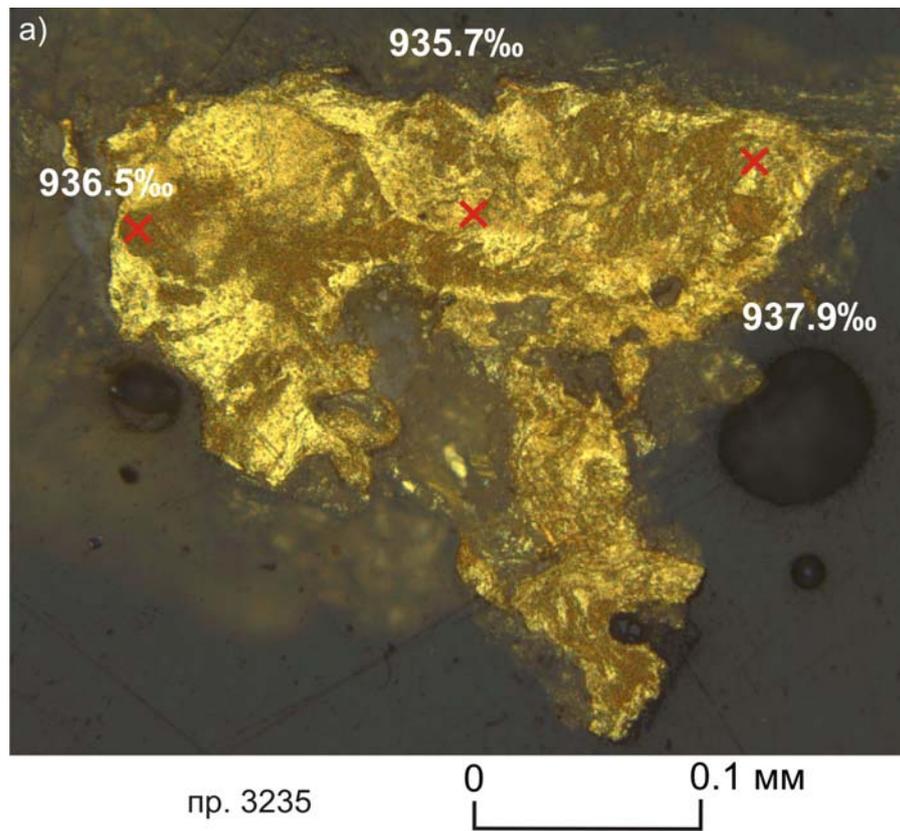
- 1 – золото весьма высокопробное, от 988 до 999‰;
- 2 – золото высокопробное, от 935 до 947‰;
- 3 – золото средней пробности, от 888 до 899‰.

Группы разделены резкими переходами. Среди элементов-примесей в золоте отмечается медь, платина, теллур, в незначительных количествах цинк и сурьма. В первой группе золото наиболее высокопробное. Пробность отвечает периферийным частям частиц из окварцованных алевролитов, для которых характерно увеличение пробности в результате выноса серебра и элементов-примесей в процессе гипергенеза. Во вторую группу входит главным образом золото из окварцованных алевролитов и частично из скарнов (Таблица 3). В золоте этой группы наблюдается устойчивая примесь меди, которая не характерна для двух других групп. Третья группа отвечает золоту из скарнов. Для нее характерны максимальное среднее содержание примеси теллура, висмута, а так же ртути; примеси меди практически отсутствуют (не более 0.01%). Третья группа по пробности и составу элементов-примесей отвечает 1 генерации золота на проявлении Сухая Грива. Сумма средних значений элементов-примесей идентична Сухой Гриве и составляет 0.23% (Таблица 3). Среди примесей главными являются теллур и висмут, медь не характерна. Вторая группа, таким образом, отвечает процессу формирования золото-сульфидно-кварцевой ассоциации и является, вероятно, третьей, самой поздней генерацией золота. Нахождение частиц с параметрами этой группы среди скарнов отвечает, по-видимому, наложению более поздней золото-сульфидно-кварцевой ассоциации на самые разные породы, в том числе и на золотоносные скарны. Эти выводы подтверждают сделанное ранее на основании геологических и петрографических данных заключение о наложении поздних золото-сульфидно-кварцевых парагенезисов на ранее сформированные золотоносные пропилитизированные скарны.

Внутренние структуры золота имеют иные особенности, чем на участке Сухая Грива. В подавляющем большинстве знаков из окварцованных алевролитов наблюдаются структуры деформации, линии скольжения. Золото резко неоднородное по цвету, пятнистое, с многочисленными изгибами слоев разной пробности (Рисунок 38а).



**Рисунок 37.** Гистограммы распределения пробности золота из окварцеванных алевролитов и скарноидов (помечены синими флажками) проявления Баяниха от максимального к минимальному значению (а); гистограммы распределения меди (б), ртути (в), теллура (г) и висмута (д) при увеличении пробности золота. Содержания элементов определены методом электронного микрозонда по 49 замерам. Синими флажками отмечено золото из скарноидов.



**Рисунок 38.** Структуры травления самородного золота. а-б) неяснозернистое деформированное высокопробное золото, в) зернистое высокопробное золото с участками полисинтетического двойникования. Проявление Баяниха. Монтир. полир. шлиф, травление  $\text{CrO}_3 + \text{HCl}$ .

В отдельных знаках появляются двойники высокопробного золота, имеющие гипергенное происхождение. В отличие от алевролитов, золото из скарнов имеет монокристаллическое и зернистое строение без структур деформации.

Таблица 3.

Распределение содержаний золота, серебра и элементов-примесей в типах самородного золота проявления Баяниха по данным РСМА.

Горные породы	Содержание элементов, %%														Сумма примесей
	Au	Ag	Bi	Te	Pt	Cu	Hg	Zn	W	As	Pd	Sn	Sb	Pb	
<b>Окв. г.п.</b>	<b>93.70</b>	<b>6.09</b>	<b>0.07</b>	<b>0.02</b>	<b>0.03</b>	<b>0.06</b>	<b>0.00</b>	<b>0.01</b>	<b>0.00</b>	<b>0.01</b>	<b>0.00</b>	<b>0.00</b>	<b>0.01</b>	<b>0.00</b>	<b>0.21</b>
Max	94.45	6.24	0.23	0.06	0.15	0.10	0.10	0.08	0.08	0.03	0.00	0.01	0.07	0.02	
Min	93.47	5.07	0.00	0.00	0.00	0.02	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	
<b>Скарны</b>	<b>89.40</b>	<b>10.37</b>	<b>0.10</b>	<b>0.05</b>	<b>0.03</b>	<b>0.00</b>	<b>0.02</b>	<b>0.02</b>	<b>0.00</b>	<b>0.01</b>	<b>0.00</b>	<b>0.00</b>	<b>0.00</b>	<b>0.00</b>	<b>0.23</b>
Max	89.94	10.98	0.12	0.06	0.06	0.01	0.06	0.04	0.00	0.02	0.01	0.00	0.02	0.00	
Min	86.67	9.98	0.09	0.04	0.01	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	

В ходе минераграфических исследований было установлено, что сульфиды и теллуриды висмута (висмутин, тетрадимит) в скарнах формируются после медных минералов (халькопирит, борнит, халькозин, блеклая руда). Такая последовательность характерна для большинства месторождений золота золото-сульфидно-кварцевой формации, в том числе золото-скарновых (Двуреченская, 2010). По аналогии с Синюхинским месторождением предполагалось, что с медной ассоциацией формируется более раннее золото, а более позднее откладывалось совместно с теллуридами. В ходе исследований было установлено, что золото, ассоциирующее с тетрадимитом на проявлении Сухая Грива и золото, образующее сростания с блеклой рудой, халькозином и борнитом на месторождении Баяниха (Ворошилов и др, 2014) имеют близкую пробность. Оно находится в пределах диапазона 878-890‰ (золото-I проявления Сухая Грива). Это позволяет предположить, что отложение золота происходило после формирования теллуридов, то есть на завершающей стадии отложения рудных минералов, связанной с постскарновыми процессами пропилитизации.

Таким образом, на месторождении Баяниха выделяется **два типа золота**: среднепробное **золото-I**, связанное с формированием постскарновой пропилитоподобной ассоциации, и высокопробное **золото-III**, образующееся в связи с формированием золото-сульфидно-кварцевой минерализации. **Золото-I** обычно образует сростания с амфиболом и кварцем, а так же борнитом, халькозином и блеклой рудой; **золото-III** – с кварцем и арсенопиритом. Среди золотин обоих типов преобладают частицы неправильной формы при заметной доле смешанных форм и относительной редкости правильных. По сравнению с проявлением Сухая Грива, в золоте из скарнов и скарноидов несколько шире распространены правильные и смешанные формы. **Золото-I** – среднепробное, от 866 до 890‰, присутствуют примеси висмута и теллура, сумма примесей 0.24%. **Золото-III** относительно высокопробное, от 935 до 947‰, присутствуют примеси меди и незначительные примеси висмута, сумма примесей 0.21%.

Внутреннее строение золота из скарнов и скарноидов, а так же части золота из золото-сульфидно-кварцевых минерализованных зон, указывает на кристаллизацию в относительно спокойных условиях, однако часть золота из золото-сульфидно-кварцевых минерализованных имеет структуры деформации. Часть золота золото-сульфидно-кварцевых минерализованных зон, а так же из скарнов и скарноидов пребывала в условиях гипергенеза.

### 3.3.3. Самородное золото проявления Лог-26

Золото участка Лог-26 изучено по пробам из *скарноидов, скарнированных алевролитов и известняков*. Золото весьма мелкое, и мелкое, не превышает 0.4 мм. Правильные формы представлены палочковидными выделениями (кристаллами?), а так же искаженными до слабо удлинённых кристаллами. Преобладают неправильные формы (комковидные, комковидно-ячеистые, трещинно-прожилковые, реже интерстициальные) (Рисунок 39). Заметную роль играют гемиидиоморфные выделения, которые представлены несовершенными кристаллами и их сростками, или же имеют интерстициальный габитус с кристаллическими выступами. На поверхности несовершенных кристаллов иногда отмечаются следы скелетного роста. Искаженные кристаллы несут на себе слабые признаки скелетного роста и элементы расщепленного роста.

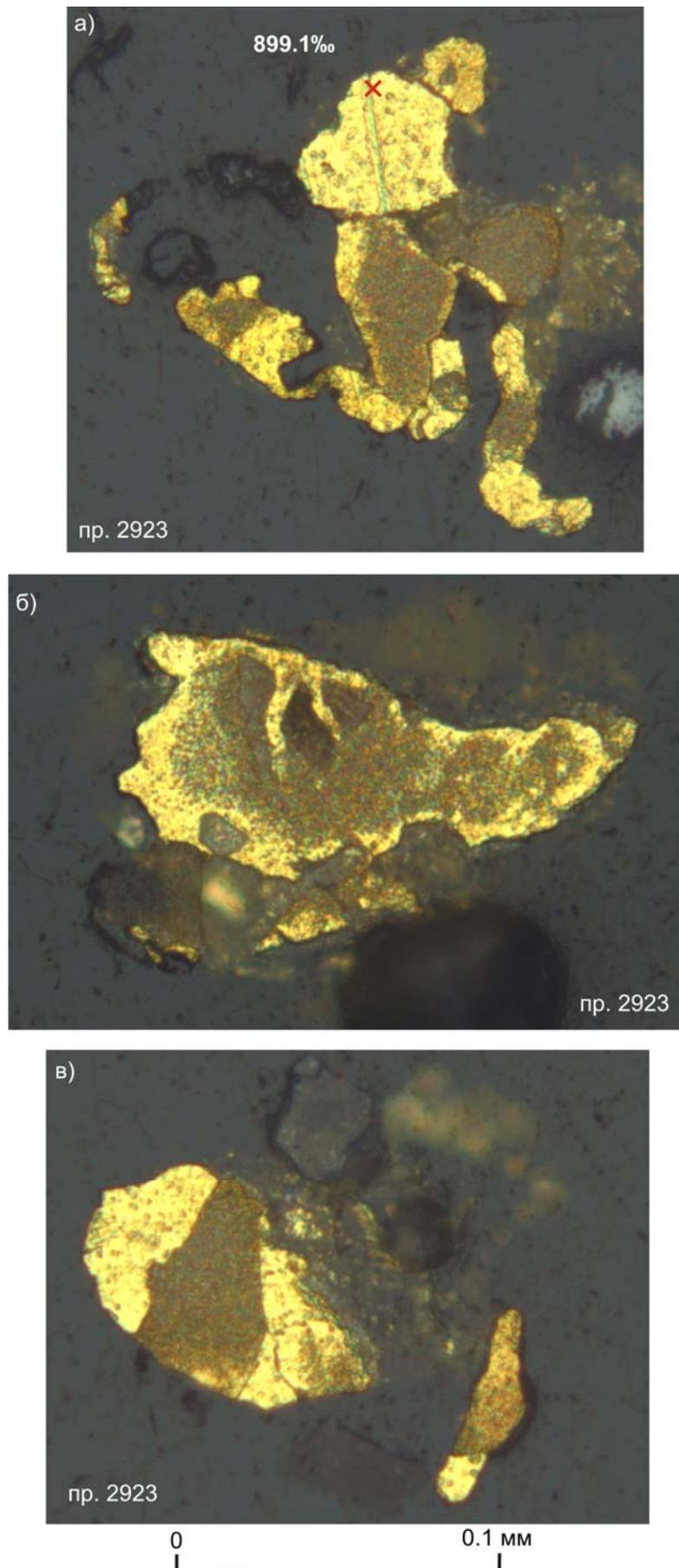
Золото главным образом не окатанное, в отдельных пробах встречается полуокатанное. Поверхность знаков относительно ровная и ячеистая. У трещинно-прожилковых форм иногда наблюдаются неровные, фестончатые и занозистые края. Коррозия преимущественно слабая, зародышевая, часто отсутствует. В отдельных пробах преобладают знаки с умеренной коррозией. Умеренная коррозия наблюдается и у палочковидных частиц, которые имеют следы завальцевания вдоль длинной оси. Их генезис не вполне однозначен, не исключено их техногенное происхождение, связанное со специфической деформацией частиц при дроблении пробы. На поверхности частиц из скарнированных алевролитов наблюдаются примазки гидрослюдистого вещества. На поверхности палочковидных выделений зафиксированы включения окатанных зерен кварца, так же наблюдаются срастания частиц золота с кварцем.

Реже наблюдаются срастания золота с окисленными и полуокисленными сульфидами. В отдельных пробах золото имеет две окраски: желтую и светло-желтую, что говорит о наличии как минимум двух проб золота.

Пробность, определенная методом электронного микронзонда, варьирует от 791 до 936‰, средняя 882‰ (Таблица 4), то есть меняется от относительно низкопробных до весьма высокопробных значений. В качестве основных элементов-примесей присутствуют висмут,



**Рисунок 39.** Самородное золото правильных, гемиидиоморфных, комковидных и трещинно-прожилковых форм из скарнированных пород месторождения Лог-26. Пробы 2760, 2895, 2897, 2922, 2923.



**Рисунок 40.** Структуры травления самородного золота. а) полизернистое золото, б) высокопробная оболочка по периферии золотины, в) простые двойники золота. Проявление Лог-26. Монтир. полир. шлиф, травление  $\text{CrO}_3 + \text{HCl}$ .

ртуть, теллур. Небольшое количество замеров пробности золота не позволяет выделить отдельные группы при и выявить закономерности в распределении элементов примесей. Золото имеет как монокристаллическое, так и зернистое строение, двойники не характерны. Гипергенные изменения выражаются в образовании каемок более высокопробного золота по периферии зерен (Рисунок 40).

Таблица 4.

Распределение содержаний золота, серебра и элементов-примесей в самородном золоте месторождения Лог-26 по данным РСМА.

Распр-е по породам	Содержание элементов, %%														Сумма примесей
	Au	Ag	Bi	Te	Pt	Cu	Hg	Zn	W	As	Pd	Sn	Sb	Pb	
Среднее	<b>88.11</b>	<b>11.60</b>	<b>0.10</b>	<b>0.04</b>	<b>0.02</b>	<b>0.01</b>	<b>0.08</b>	<b>0.02</b>	0.00	<b>0.01</b>	0.00	0.00	<b>0.01</b>	0.00	<b>0.29</b>
<b>Max</b>	97.6	20.13	0.20	0.05	0.11	0.05	0.21	0.08	0.02	0.02	0.01	0.00	0.05	0.01	
<b>Min</b>	79.75	2.21	0.00	0.01	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	

Таким образом, на месторождении Лог-26 преобладают частицы неправильной формы при заметной доле гемиидиоморфных частиц и правильных форм. Золото имеет пробность 791 до 936‰, в качестве основных элементов-примесей присутствуют висмут, ртуть и теллур. Внутренне строение золота монокристаллическое, указывает на пребывание части золота в гипергенных условиях.

В целом по 3 золоторудным объектам Топольнинского рудного поля золото весьма мелкое при подчиненной роли мелкого. На всех проявлениях преобладает золото неправильных форм (комковидное, интерстициальное, трещинно-прожилковое) при широком распространении гемиидиоморфного. Правильные формы редки – это искаженные кристаллы и их сростки. Для правильных частиц и кристаллических выступов гемиидиоморфных частиц золота характерно притупление ребер. По морфологическим характеристикам золото из скарнов не отличается от золота из кварцевых жил и зон окварцевания. В целом, по результатам микрозондовых анализов, с учетом минераграфических исследований и данных предшественников (Ворошилов, 2014ф) можно выделить **три типа золота**. Два из них связаны с формированием золоторудной постскарновой пропилитоподобной минерализации (кварц-карбонат-хлорит-актинолит-эпидотовой ассоциация), еще одна образуется попутно со становлением самой поздней золото-сульфидно-кварцевой минерализации (пирит-серицит-карбонат-кварцевая ассоциация), наложенной на магматические и терригенные породы, а также на скарны и скраноиды. **Золото I** пробностью 879-890‰ ассоциирует с висмутином и тетрадимитом, формируется совместно или сразу после них, хотя наблюдаются так же его сростания с минералами меди (блеклые руды, борнит, халькозин), которые отлагались до висмута-теллурических парагенезисов. Для этого золота характерны примеси теллура и висмута,

сумма средних содержаний элементов-примесей составляет 0.24%.

**Золото II** пробностью 774-835‰ характеризуется повышенными содержаниями ртути, и более высокими содержаниями висмута и теллура по сравнению с золотом-I, хотя знаки золота-II и не дают сростаний с теллуридами и висмутином. Сумма примесей составляет 0.4%.

**Золото III** пробностью 935-945‰ формируется в связи с образованием поздней золото-сульфидно-кварцевой минерализации. Отличается повышенными содержаниями меди, на долю примесей приходится 0.21%. Среди элементов примесей для золота всех проявлений отмечается теллур, висмут, платина, медь, цинк, сурьма. В целом, при уменьшении пробности падает содержание меди и возрастает содержание теллура, висмута и ртути. Это золото образует сростания с арсенопиритом. По данным предшественников, известно так же золото пробностью ниже 774‰, которое ассоциирует с самородным висмутом (Ворошилов и др., 2014).

На рудном поле золото имеет преимущественно монокристаллическое и зернистое строение с развитием по периферии зерен коррозионной оболочки более высокопробного золота, пробность которого может достигать 998‰. Иногда отмечаются простые или полисинтетические двойники роста. В окварцеванных алевролитах золото характеризуется наличием структур деформации. В редких случаях такие структуры наблюдаются и золоте из скарнов, поэтому их не следует считать типичными для зон окварцевания. Их наличие можно объяснить присутствием локальных зон дробления и деформации.

Таким образом,

проведенные минералого-геохимические исследования гидротермально-измененных пород и руд показали сложное формирование золотого оруденения Топольнинского рудного поля, что характерно и для многих известных золото-скарновых месторождений (Синюхинское, Тарданское, Майско-Лебедское и др.).

В рудном поле основное оруденение сосредоточено в золотоносных скарнах, скарноидах и скарнированных породах, положение которых контролируется контактами интрузивных массивов с карбонатными и терригенно-карбонатными отложениями. Скарны имеют биметасоматическое и инфильтрационное происхождение. Главные минералы, слагающие скарны - это клинопироксен диопсид-геденбергитового ряда, гранат гроссуляр-андрадитового ряда, карбонат, реже – роговая обманка, волластонит, крайне редко отмечается везувиан.

Скарнообразованию предшествовала мраморизация карбонатных пород и ороговикование карбонатно-терригенных. Собственно скарны формируются по карбонатным породам – известнякам, в то время как по карбонатно-терригенным породам (известковистым алевролитам и мергелям) формируются специфические породы, называемые скарноидами. Биметасоматические скарны установлены на проявлении Сухая Грива, инфильтрационные скарноиды – на проявлениях Баяниха, Лог-26. Скарны имеют мелко- среднезернистое строение,

скарноиды – тонко- мелкозернистое, представляют собой ороговикованные известковистые алевролиты с прослоями, линзами и пятнами собственно скарнов, количество которых может изменяться от 5 до 90%.

Главные минералы скарнов (гранат и клинопироксен) представлены двумя ассоциациями – ранней и поздней (Рисунок 41). Ранняя сформирована тонкозернистым агрегатом граната и клинопироксена, поздняя слагает прожилки и линзы мелко- среднезернистого строения среди минералов ранней. Роговая обманка, волластонит и везувиан являются наиболее поздними минералами скарнов. После формирования породы подвергались деформациям с образованием зон дробления и многочисленных тонких трещин, которые заполняются более поздними минералами так называемой пропицитоподобной ассоциации. Наиболее ранними минералами этой ассоциации являются эпидот и актинолит, отложению которых, вероятно, предшествует образование магнетита. Позднее формируются хлорит, карбонат и в незначительном количестве кварц, совместно с которыми отлагаются и рудные минералы ранней стадии, включая золото. Наиболее ранними минералами являются, вероятно, шеелит и молибденит. Затем формируется пирит-I и арсенопирит-I, после которых кристаллизуются халькопирит-I и пирротин-I, которые сменяет борнит, блеклые руды, сфалерит. Висмутин, минералы группы теллуридов (тетрадимит, алтаит и др.) и золото, вероятно, формируются последними. Количество сульфидов не превышает 3-5%. Рудные минералы и золото тяготеют к трещинам и интерстициям скарновых минералов. Таким образом, ранняя стадия рудообразования связана с постскарновыми пропицитоподобными изменениями.

Более поздняя стадия рудообразования – золото-сульфидно-кварцевая (Рисунок 41). В эту стадию гранитоиды массива, дайки, терригенные породы и скарноиды подвергаются березитоподобным и листовитоподобным изменениям, которые сопровождаются формированием кварцевых, реже карбонат-кварцевых прожилков и кварцевых жил. Эти изменения проявились в формировании серицит-(хлорит)-карбонат-кварцевых ассоциаций с пиритом-II, арсенопиритом-II, молибденитом-II, а так же галенитом, блеклыми рудами и золотом. Вполне вероятно, что эта ассоциация накладывается как на сформированные ранее золотоносные скарны, так и на скарны, первоначально стерильные в отношении золотого оруденения. Для золотоносных скарнов и скарноидов характерны первичные и вторичные ореолы золота, серебра, меди, висмута, реже олова, цинка и мышьяка. Минерализованные зоны золото-сульфидно-кварцевого состава выражены в первичных ореолах менее отчетливо, чем золотоносные скарны, и характеризуются ореолами золота, мышьяка и вольфрама. Проявления золота выражены линейно-вытянутыми контрастными ореолами золота и элементов-спутников, имеющие протяженность в сотни метров (проявления Сухая Грива, Баяниха, Лог-26). Контрастные и локальные аномалии соответствуют локально проявленной золоторудной

минерализации (участок Чертова Грива, Кемровский, Пропащий Лог), обширные и протяженные аномалии соответствуют зонам рассеянной минерализации (участок Чертова Яма, Кирпичный). Характеристики золото-скарнового и золото-сульфидно-кварцевого оруденения представлены ниже (Таблица 5).

СТАДИЯ МИНЕРАЛ	СКАРНОВАЯ		ПРОПИЛИТОПОДОБНАЯ		БЕРЕЗИТОВАЯ (Золото-сульфидно-кварцевая)	ГИПЕР-ГЕННАЯ
	Ранняя	Поздняя	Э п и д о т - актинолитовая	Эпидот - хлоритовая		
Гранат	⓪	Ⓜ				
Клинопироксен	⓪	Ⓜ				
Волластонит		—				
Везувиан		—				
Роговая обманка		—				
КПШ		—				
Эпидот			⓪	Ⓜ		
Актинолит			—			
Хлорит				⓪	Ⓜ	
Кальцит				—	Ⓜ	
Кварц				—	Ⓜ	
Серицит					—	
Шеелит				.....		
Молибденит				.....	Ⓜ	
Магнетит			—			
Пирит				⓪	Ⓜ	
Арсенопирит				⓪	Ⓜ	
Пирротин				⓪	Ⓜ	
Халькопирит				⓪	Ⓜ	
Борнит				⓪	Ⓜ	—
Сфалерит				—		
Галенит						—
Блеклая руда				⓪	Ⓜ	
Висмутин				—		
Тетрадимит				—		
Бисмутит				—		
Алтаит				—		
Цумоит				—		
Гессит				—		
Раклиджит				—		
Поубаит				—		
Герсдорфит				—		
Висмут самород.				—		
Золото				⓪	Ⓜ	
Малахит						—
Азурит						—
Гётит						—
Лимонит						—

дробление

**Рисунок 41.** Схема последовательности минералообразования Топольнинского рудного поля (построена с учетом данных Бедарева, Гусева, (1998); Гусева (2013); Ворошилова и др. (2014); Савиновой (2014)).

Сравнительная характеристика золото-скарнового и золото-сульфидно-кварцевого оруденения.

Параметры		Золотоносные скарны, скарноиды и скарнированные породы	Золото-сульфидно-кварцевые минерализованные зоны
Морфология рудных тел		Линзовидные, плито- и жилообразные, преимущественно крутопадающие тела скарнов и скарноидов, реже седловидные залежи	Линейные минерализованные жильно-прожилковые зоны золото-сульфидно-кварцевого состава
Гидротермально измененные породы		Зоны амфибол-эпидот-кварц-альбит-карбонатного состава в сочетании с жильно-прожилковыми зонами близкого состава	Зоны серицит-(пирит)-карбонатных метасоматитов в сочетании с жильно-прожилковыми и прожилковыми зонами карбонат-кварцевого, кварцевого состава с редкими сульфидами по алевролитам, роговикам, дайкам «пестрого» состава, гранитоидам массива.
Вещественный состав руд	рудные минералы	Встречаются в количестве до 5%: золото, <b>борнит</b> , <b>халькопирит</b> , <b>халькозин</b> , ковеллин, <b>висмутин</b> , <b>тетрадимит</b> , <b>теллуриды</b> свинца, серебра, висмута и др., редко арсенопирит, минералы группы блеклых руд	Встречаются в количестве до 1-2%: золото, <b>пирит</b> , <b>арсенопирит</b> , блеклые руды, редко пирротин, галенит, сфалерит, молибденит; борнит, халькозин, висмутин, теллуриды не характерны
	нерудные минералы	Амфиболы тремолит-актинолитового ряда, эпидот, кальцит, хлорит, редко альбит	Кварц, серицит, карбонаты (анкерит, кальцит), редко хлорит.
Характеристика самородного золота	Размеры	Золото в рудах весьма мелкое при подчиненной роли мелкого и среднего классов крупности (встречаются частицы до 1.6 мм).	Золото весьма мелкое, редко достигает 1.3мм.
	Форма	Правильные формы – редкие изометричные и искаженные кристаллы и их сростки. Преобладают частицы неправильного типа (комковидные и комковидно-ячеистые, интерстициальные, реже трещинно-прожилковые). Заметная доля принадлежит частицам смешанного (гемиидиоморфного) типа, которые представлены главным образом цементационными формами (комковидные, комковидно-ячеистые) с кристаллическими выступами.	Правильные формы – редкие плохо ограненные изометричные и уплощенные кристаллы. Преобладают неправильные (трещинно-прожилковые, комковидные, ячеистые частицы) и смешанные (гемиидиоморфные) формы. Последние представлены комковидно-ячеистыми, реже трещинно-прожилковыми выделениями с кристаллическими выступами по периферии, а так же несовершенными кристаллами.
	Срастания	В целом в рудах преобладает свободное золото. Встречаются характерные для золото-скарновых объектов срастания золота с рудными (висмутин и тетрадимит), и нерудными минералами (гранат, клинопироксен, амфибол, карбонат). Характерно присутствие золота в дисперсной форме в сульфидах.	В целом в рудах преобладает свободное золото. Встречаются срастания золота с арсенопиритом, окисленными сульфидами, кварцем и гидрослюдистым веществом.
	Пробность, элементы-примеси	Пробность - 774%-900%, средняя - 859%, элементы-примеси: <b>Te, Bi, Hg</b>	Пробность 935%-945%, средняя - 937%, элементы-примеси: <b>Cu</b>
Геохимическая характеристика руд (в первичных и вторичных ореолах)		<b>Au, Cu, Bi, Sn, Zn</b> , редко <b>W</b> и <b>As</b>	<b>Au, As, W, Mo</b> , редко <b>Pb</b> ; <b>Cu, Bi</b> – не характерны

## ГЛАВА 4. ГЕОЛГО-ПОИСКОВЫЕ МОДЕЛИ ЗОЛОТОРУДНЫХ ПРОЯВЛЕНИЙ ТОПОЛЬНИНСКОГО РУДНОГО ПОЛЯ

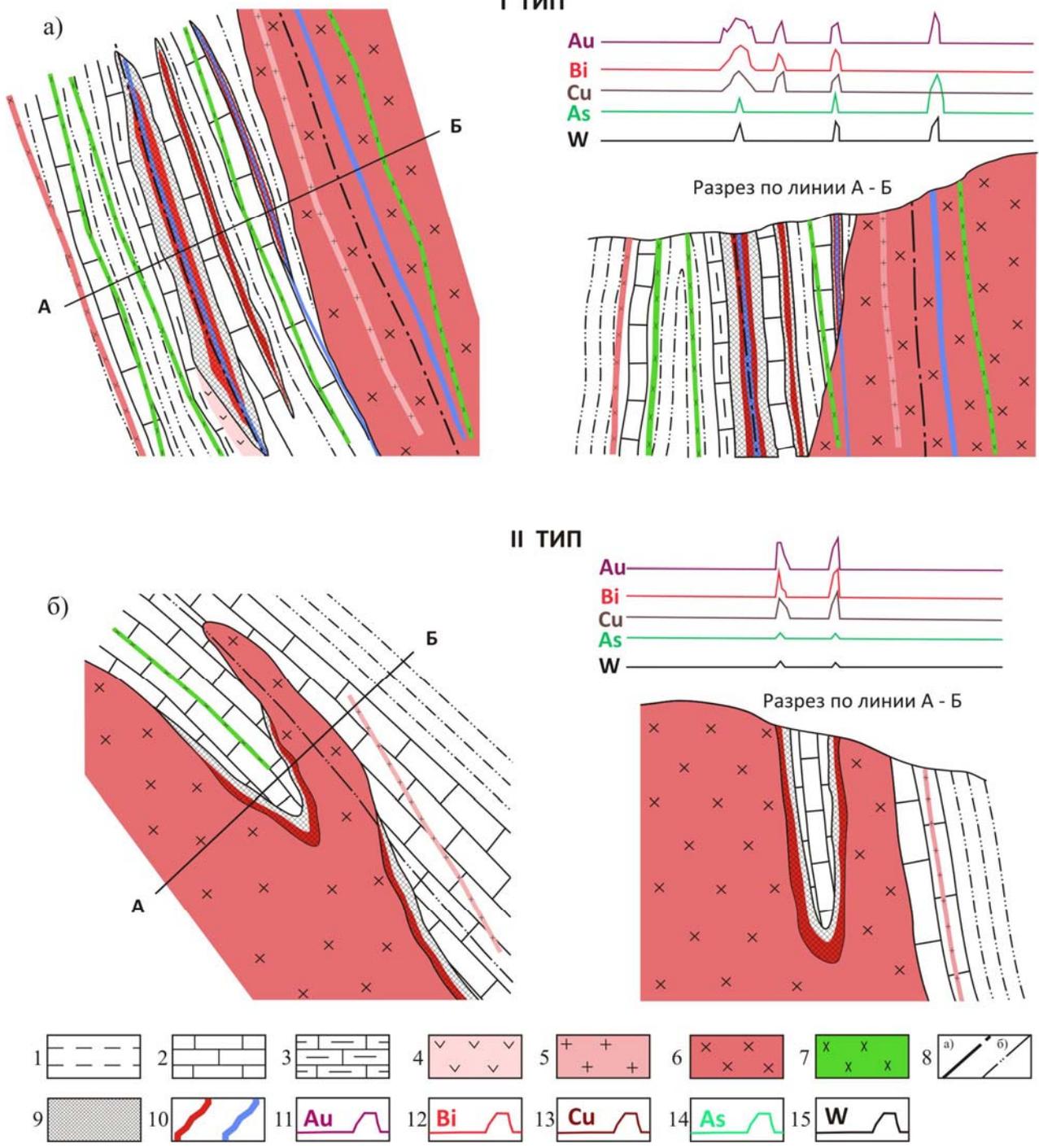
Отдельные элементы геолого-поисковой модели золотого оруденения Топольнинского рудного поля рассматривались в работах О.В. Савиновой (Савинова, 2014) и В.А. Рожченко (Рожченко, 2014ф).

Согласно существующим разработкам, при формировании геолого-поисковых моделей металлогенических таксонов различных рангов используются две основные группы прогнозно-поисковых критериев и признаков. Первая группа критериев и признаков, опирающаяся на основные элементы геологической обстановки нахождения таксона, включает структурные (тектонические), формационные, литолого-фациальные и рудно-формационные элементы. Вторая группы критериев и признаков, отражающая характер проявления рудного процесса, включает метасоматические, геохимические и минералогические элементы. Последняя группа является определяющей при разработке геолого-поисковой модели перспективных участков в пределах рудных полей.

По результатам изучения, анализа и обобщения данных о геологическом строении золоторудных проявлений рудного поля для каждого из двух типов были определены характерные черты геологического строения.

Геолого-структурная позиция золоторудных проявлений **первого типа** определяется их локализацией в области экзоконтакта массивов гранитоидов, осложненной их апофизами и дайками пестрого состава (Рисунок 42). При этом контакты массива и его апофиз в плане конформны, диагональны или ориентированы под прямым углом к простираению вмещающей толщи. Доминируют разрывы, конформные контакту массива и его апофизам, а также субсогласные с залеганием рудовмещающей толщи, при подчиненном значении фрагментов региональных разрывов СЗ простираения, принадлежащих системе нарушений Ануйского тектонического блока.

Рудовмещающие образования представлены слабо дислоцированными песчаниками, алевролитами и известняками громотухинской серии ( $S_1$ ) и камышенской свиты  $D_1$ . Породы в различной степени подвержены контактовым изменениям: терригенные отложения ороговикованы, реже превращены в роговики кварц-биотитового и кварц-биотит-полевошпатового состава, карбонатные мраморизованы и непосредственно на контакте с гранитоидами массива превращены в мраморы.



1 - алевролиты, ороговикованные алевролиты; 2 - известняки мраморизованные; 3 - мергели, известковистые алевролиты; 4 - риолит-дациты куяганского комплекса; 5-7 - топольнинская ассоциация габбро-гранодирит-гранитовая: 5 - граниты биотитовые третьей фазы, 6 - гранодиориты и меланограниты, 7 - диоритовые порфириды, кварцевые диоритовые порфириды, монцодиоритовые порфириды; 8 - региональные разрывы северо-западной ориентировки (а); дуговые разрывы, конформные контакту массива и простираению осадочной толщи (б), 9 - скарны и скарноиды гранатового, клинопироксен-гранатового состава, 10 - скарны рудные (а), жильно-прожилковые зоны золото-сульфидно-кварцевого состава (б); 11-15 - геохимические ореолы: 11 - золота, 12 - висмута, 13 - меди, 14 - мышьяка, 15 - вольфрама.

**Рисунок 42.** Схематические геологические разрезы золоторудных объектов первого (а) и второго (б) типов Топольнинского рудного поля.

Магматические образования представлены гранитоидами габбро-гранодиорит-гранитного комплекса, включающего немногочисленные дайки «пестрого» состава. На большинстве проявлений отмечены дайки отдельных фаз становления топольнинской ассоциации.

Рудоконтролирующие нарушения представлены разрывами, конформными контакту массива гранитоидов и его апофизам, а так же неотчетливо выраженными зонами, субсогласными с залеганием пород рудовмещающей толщи. В последнем случае эти нарушения, как правило, развиваются вдоль контакта измененных (ороговикованных, мраморизованных, скарнированных) пород различного состава или осложняют контакты даек. Тектоническая нарушенность в целом низкая.

Морфология рудных тел. На проявлениях преобладают крутопадающие плито- и линзообразные, реже седловидные тела скарнов, локализованные в области экзоконтакта массива, его апофиз и сателлитов; тела сложной морфологии в тектонически нарушенных зонах, субсогласных с залеганием вмещающих пород.

Вещественный состав золото-скарновых рудных тел определяется проявлением двух минеральных ассоциаций. Нерудные минералы ранней ассоциации, определяющей основные параметры и морфологию тел скарнов, представлены гранатом, клинопироксеном, везувианом и волластонитом, рудные – магнетитом, в редких случаях отмечены шеелит и молибдошеелит. Нерудные минералы поздней ассоциации, определяющей золотоносность рудных тел, представлены актинолитом, эпидотом, хлоритом, в ограниченном количестве присутствуют кварц и карбонаты. Рудные минералы этой ассоциации, количество которых не превышает первых процентов, представлены пиритом, халькопиритом, борнитом и ковеллином. В крайне ограниченном количестве присутствуют висмутин, тетрадимит, теллуриды свинца, серебра, с которыми ассоциирует золото. Золото в этой ассоциации образует весьма мелкие выделения преимущественно неправильной формы, изредка встречаются искаженные кристаллы и дендритоиды. Пробность золота 775-890‰.

Геохимическая характеристика руд в соответствии с их вещественным составом определяется сочетанием ореолов золота, меди, висмута, реже – вольфрама, а так же цинка, олова и мышьяка.

Геолого-структурная позиция второго, наиболее перспективного типа золоторудных объектов, как и объектов первого типа, определяется их локализацией в области экзоконтакта массивов гранитоидов. Характерным элементом геологической обстановки их нахождения являются широко распространенные дайки «пестрого» состава, среди которых доминируют образования среднего состава – диоритовые порфириты, кварцевые диоритовые порфириты и др., положение которых, как и присутствующих в этих участках даек раннего куюганского

комплекса (риолиты, дациты), определяют фрагменты региональных разрывов Ануйского тектонического блока преимущественно северо-западного простирания. Присутствие на этих участках двух разновозрастных групп даек свидетельствует о неоднократной активизации нарушений северо-западной ориентировки (Рисунок 42).

Рудовмещающие образования представлены в различной степени дислоцированными и часто чередующимися контактово-измененными алевролитами, ороговикowanными или превращенными в роговики кварц-биотитового, кварц-биотит-полевошпатового состава, мраморизованными известняками, ороговикowanными и скарнированными известковистыми алевролитами и мергелями.

Магматические образования, с которыми связано золотое оруденение, представлены гранитоидами габбро-гранодиорит-гранитной формации, формирующими Топольнинский и Караминский массивы. В состав этой формации так же входят дайки «пестрого» состава, из которых образования среднего состава наиболее широко представлены в области локализации объектов второго типа.

Рудоконтролирующие нарушения, как было отмечено, представлены фрагментами различных по кинематике региональных разрывов Ануйского тектонического блока северо-западного простирания, как правило, занимающих согласное положение по отношению к породам рудовмещающей толщи. Эта же группа нарушений обусловила совмещение в единых рудных телах золото-скарновой и золото-сульфидно-кварцевой минерализации.

Морфология рудных тел. В соответствии с доминирующим типом рудоконтролирующих разрывов для объектов второго типа характерны сложно построенные жильно-прожилковые зоны, формирующиеся вдоль контактов золотоносных скарновых тел или даек. Как те, так и другие выступают в качестве своеобразных стержневых элементов, по контактам которых развивается прожилково-вкрапленная золото-сульфидно-кварцевая минерализация. Реже маломощные и жильно-прожилковые зоны развиваются в березитизированных породах различного состава.

Вещественный состав руд проявлений рассматриваемого типа определяется сочетанием минералов, образующих золото-скарновые рудные тела и наложенные жильно-прожилковые зоны золото-сульфидно-кварцевого состава. В соответствии с этим, нерудные минералы представлены гранатом, клинопироксеном, везувианом, волластонитом, эпидотом, актинолитом, хлоритом, а так же кварцем, серицитом и карбонатом; рудные – магнетитом, шеелитом, молибденитом, пиритом, халькопиритом, борнитом, халькозином, минералами группы теллуридов, а так же вольфрамитом, галенитом, сфалеритом и арсенопиритом. Золото мелкое и весьма мелкое, преобладают выделения неправильной формы. Пробность золота в скарнах 886-898‰, в кварцевых жилах и жильно-прожилковых зонах 935-945‰. Наряду с

наиболее широко проявленным на объектах рассматриваемого типа «пылевидным» золотом в зонах березитизации и жильно-прожилковых зонах золото-сульфидно-кварцевого состава присутствуют более крупные выделения золота, образующие в южной части рудного поля шлиховые потоки и являющиеся основным источником формирования мелких россыпей, известных на реках Ануй и Карама (Бедарев Н.П., Гусев А.И., 1998).

С учетом полученных данных составлена геолого-поисковые модели двух типов золоторудных объектов Топольнинского рудного поля (Таблица 6).

Таблица 6.

**Геолого-поисковые модели золоторудных проявлений 1 и 2 типов Топольнинского рудного поля**

Критерии и признаки модели	Характеристика	
	1	3
Примеры объектов	2	3
	I тип (наименее перспективный)	II тип (наиболее перспективный)
	Проявление Сухая Грива, Чертова Яма, участки Чертова Грива, Рыбный Лог-2, Рыбный Лог-2, Кемровский, Пропаций Лог, Кирпичный	Проявления Баяниха, Лог-26
	Тарданское месторождение, Синюхинское месторождение, Майско-Лебедское месторождение	
<b>Геолого-структурная позиция золоторудных проявлений</b>	<b>Тектонизированные области</b> экзоконтакта массивов гранитоидов, осложненные его апофизами и содержащие дайки «пестрого» состава.	<b>Интенсивно тектонизированные области</b> экзоконтакта массивов гранитоидов, содержащие многочисленные дайки «пестрого» состава.
<b>Магматические образования</b>	Гранитоиды габбро-гранодиорит-гранитной <b>топольнинской ассоциации</b> (D <sub>2</sub> ), в том числе <b>относительно редкие дайки</b> диоритовых порфириров, гранодиоритов, лейкогранитов и др.	Гранитоиды габбро-гранодиорит-гранитной <b>топольнинской ассоциации</b> (D <sub>2</sub> ), включающей <b>многочисленные дайки</b> «пестрого» состава, среди которых преобладают диоритовые разности. Так же проявлены более ранние дайки <b>куяганского комплекса</b> (D <sub>2</sub> )
<b>Рудоконтролирующие нарушения</b>	Сочетание « <b>дуговых</b> » <b>разрывов и линейных нарушений</b> , конформных апофизам и залеганию рудовмещающей толщи.	Отчетливо проявленные <b>разрывы северо-западного простирания</b> различной кинематики, принадлежащие системе региональных нарушений Ануйского блока
Рудовмещающие образования	<b>Слабо дислоцированные</b> терригенно-карбонатные толщи (камышенская свита D <sub>1</sub> , громотухинская серия S <sub>1</sub> )	<b>Интенсивно дислоцированные</b> терригенно-карбонатные толщи (полатинская свита S <sub>1</sub> , громотухинская серия S <sub>1</sub> ) с частым чередованием литологических разностей
Контактные изменения рудовмещающей толщи	Роговики кварц-биотитового, кварц-биотит-полевошпатового и др. состава (по терригенным образованиям), в различной степени мраморизованные карбонатные породы, ороговикованные и скарнированные известковистые алевролиты и мергели	
Морфология рудных тел	Линзовидные, плито- и жилообразные, преимущественно крутопадающие тела скарнов и скарноидов	Линзовидные, плитообразные, преимущественно крутопадающие тела скарнов и скарноидов, <b>совмещенные с минерализованными жильно-прожилковыми зонами</b> золото-сульфидно-кварцевого состава
Гидротермально-измененные породы	Зоны амфибол-эпидот-кварц-альбит-карбонатного состава в сочетании с жильно-прожилковыми зонами близкого состава	Зоны амфибол-эпидот-кварц-альбит-карбонатного состава в сочетании с жильно-прожилковыми зонами близкого состава; серицит-(пирит)-карбонатные метасоматиты в сочетании с жильно-прожилковыми и прожилковыми зонами карбонат-кварцевого, кварцевого состава с редкими сульфидами.

1	2	3
Вещественный состав рудной минерализации	<p><u>В скарнах и скарноидах</u>  <b>рудные минералы</b> (встречаются в количестве до 2-3%): золото, борнит, халькопирит, халькозин, ковеллин, висмутин, тетрадимит, теллуриды свинца, серебра, висмута и др., редко арсенопирит, минералы группы блеклых руд  <b>Золото</b> весьма мелкое (редко до 1.6 мм), преобладают выделения неправильной формы; пробность - 774‰-900‰, средняя - 859‰, элементы-примеси: Te, Bi, Hg  <b>нерудные минералы:</b> амфиболы тремолит-актинолитового ряда, эпидот, кальцит, хлорит, редко альбит</p>	<p><u>В скарнах и скарноидах</u>  <b>рудные минералы</b> (встречаются в количестве первых %‰): золото, борнит, халькопирит, халькозин, ковеллин, висмутин, тетрадимит, теллуриды свинца, серебра, висмута и др., редко арсенопирит, минералы группы блеклых руд  <b>нерудные минералы:</b> амфиболы, эпидот, хлорит, альбит  <b>Золото</b> весьма мелкое (редко до 1.2 мм), преобладают выделения неправильной формы; пробность - 774‰-900‰, средняя - 859‰, элементы-примеси: Te, Bi, Hg  <u>В кварц-серицит-карбонатных метасоматитах</u>  <b>рудные минералы</b> (встречаются в количестве до 1-2%): золото, пирит, арсенопирит, блеклые руды, редко пирротин, галенит, сфалерит  <b>Золото</b> весьма мелкое (редко до 1.2 мм), преобладают выделения неправильной формы; пробность золота 935‰-945‰, средняя - 937‰, элементы-примеси: Cu  <b>нерудные минералы:</b> кварц, серицит, карбонаты (анкерит, кальцит), редко хлорит.</p>
Геохимические	<p><u>В скарнах и скарноидах</u> – первичные и вторичные ореолы <b>Au, Ag, Cu, Bi</b>, реже - <b>Sn, Zn</b>, редко - <b>W</b> и <b>As</b></p>	<p><u>В скарнах и скарноидах</u> – первичные и вторичные ореолы <b>Au, Ag, Cu, Bi</b>, реже - <b>Sn, Zn</b>, редко - <b>W</b> и <b>As</b>  <u>В кварцевых жилах и зонах прожилкового окварцевания</u> – первичные и вторичные ореолы <b>Au, As, W, Mo</b>, редко <b>Pb</b></p>
Геофизические	<p>Зоны градиентов магнитного поля фиксируют зоны перехода от эндо- до экзоконтакта, слабо положительные (до 50-100 гамм) магнитные аномалии фиксируют области концентрации даек среднего-основного состава</p>	

Главными критериями разработанных моделей, которые позволяют использовать разработанные модели при поисковых работах с целью разделения объектов двух типов, является *геолого-структурная позиция золоторудных объектов, магматические образования, рудоконтролирующие нарушения*. Разработанные модели были использованы для оценки возможности обнаружения объектов второго наиболее перспективного типа, как в пределах рудного поля, так и в других фрагментах тектоно-магматического поднятия, к периферии которого приурочено рудное поле. Рассмотрим вначале перспективы Топольнинского рудного поля. С объектами второго типа в рудном поле имеет сходную геолого-структурную позицию проявление Кирпичное: как и месторождение Лог-26 (второй тип), оно локализовано в зоне экзоконтакта Караминского массива гранитоидов с терригенно-карбонатной толщей. Это послужило поводом предполагать здесь оруденение, аналогичное месторождению Лог-26. Однако, в отличие от объектов второго типа на проявлении Кирпичное не проявлены фрагменты региональных разрывов северо-западного простирания. Вероятно, по причине отсутствия разрывов северо-западного простирания здесь не проявлен комплекс даек

«пестрого» состава, которые являются одним из главных индикаторных элементов второго типа. Кроме того, в отличие от объектов второго типа, на проявлении Кирпичном рудовмещающая толща характеризуется относительной монотонностью с явным преобладанием терригенной составляющей. По результатам литохимических работ на проявлении Кирпичном были выявлены обширные и контрастные аномалии золота и элементов-спутников, соответствующие зонам рассеянной минерализации, в то время как для объектов второго типа характерны контрастные и линейные ореолы золота и элементов спутников.

Сходством с объектами второго наиболее перспективного типа так же имеет проявление Пропаций Лог, которое локализовано в зоне экзоконтакта Топольнинского массива гранитоидов и расположено к юго-востоку от месторождения Баяниаха, которое относится ко второму типу. Как и на месторождении Баяниаха, здесь проявлены линейные разрывные нарушения, трактуемые как фрагменты региональных разрывов. Однако, здесь эти нарушения выражены неотчетливо. Кроме того, на проявлении Пропаций Лог крайне незначительно проявлен комплекс даек «пестрого» состава, являющийся индикаторным элементом объектов второго типа. В юго-восточной части проявления толща имеет чисто карбонатный состав, а в северо-западной, напротив, преимущественно терригенный, то есть характерного для второго типа объектов частого чередования пород не наблюдается. Перспективы этого проявления могут быть связаны скорее с северо-западной его частью, где остались незаверенными контрастные литохимические аномалии золота. В северо-восточной области контакта Топольнинского массива гранитоидов не проявлены фрагменты региональных разрывов северо-западного простирания, не проявлен комплекс даек «пестрого» состава, а осадочная толща имеет сравнительно монотонный терригенный состав, что в совокупности не позволяет рассматривать эту область в качестве перспективной на обнаружение объектов второго типа. Таким образом, в пределах рудного поля перспектив для обнаружения новых объектов второго типа не наблюдается.

В предалах остальной части тектоно-магматического поднятия центрально типа перспективными на обнаружение золотого оруденения могут быть области контактов массивов диорит-гранодиоритового состава; перспективы обнаружения золотого оруденения в зонах экзоконтактов лейкогранитов и щелочных лейкогранитов маловероятны. Однако, в предалах массивов диорит-гранодиоритового состава и зон их экзоконтактов не проявлены региональные разрывы. Принимая во внимание отсутствие россыпей золота по многочисленным водотокам, дренирующим описываемую область, перспективы для обнаружения объектов второго типа так же представляются маловероятными.

## ГЛАВА 5. ХАРАКТЕРИСТИКА ИЗВЕСТНЫХ ЗОЛОТО-СКАРНОВЫХ МЕСТОРОЖДЕНИЙ

### 5.1. Синюхинское месторождение

#### Позиция в региональных структурах

Синюхинское рудное поле расположено в области сочленения Уймено-Лебединского и Бийско-Катунского поднятий, осложненной Центральным региональным разломом север-северо-восточного простирания и серией оперяющих его нарушений (Государственная геологическая карта М-45-III, 2001). Одним из принципиальных элементов строения рудного поля является сложно построенная область контакта массива гранитоидов, рассматриваемая в качестве северной границы клиновидного блока, сложенного осадочно-вулканогенными образованиями, которые слагают рудное поле. Юго-восточную и юго-западную границы рудного поля определяют системы разрывов соответствующей ориентировки (Рисунок).

#### Геологическое строение месторождения

Изучением геологического строения и вещественного состава месторождения в разные годы занимались Ф.Б. Бакшт, В.А. Вахрушев, В.Г. Ворошилов, А.И. Гусев, С.С. Двуреченская, В.Н. Днепровский, Е.Н. Зыков, С.Г. Кряжев, Б.Н. Лузгин, Г.Г. Побединский, В.П. Ребезов, М.Ф. Розен, В.А. Стрелков, Ю.Г. Щербаков и другие авторы. На протяжении ряда лет менялось представление о структуре рудного поля, характере залегания осадочных толщ и возрасте интрузивных пород, с которыми связано формирование золотого оруденения. В обобщающей работе В.Г. Ворошилова и А.И. Гусева (Ворошилов и др., 1997ф) структура рудного поля трактуется как моноклираль, осложненная складками преимущественно северо-западного простирания, которые пространственно связаны со штоками гранитоидов. Породы, формирующие моноклираль, имеют падение на северо-запад под углом 20-30°. Мелкие штоки и субпластовые интрузии гранитоидов сопровождаются куполовидными складками. По представлениям В.Н. Днепровского, в разрезе вулканогенно-осадочных образований, слагающих рудное поле, выделяются три толщи (Днепровский, 1990ф).

Нижняя толща представлена чередованием невыдержанных (мощностью от первых метров до 250 м) горизонтов и линз мраморизованных известняков и мощных (до 400 м)

горизонтов эффузивных пород (андезитовых, андезито-дацитовых, реже андезито-базальтовых порфиритов) и их туфов. Общая мощность толщи около 800 м.

Средняя толща сложена преимущественно андезитами, андезито-базальтовыми порфиритами и их туфами, с редкими и маломощными линзами мраморизованных известняков в верхней части. Общая мощность толщи около 600 м.

Верхнюю толщу слагают сменяющие друг друга (снизу вверх) четыре горизонта, представленные мраморизованными известняками; кристаллокластическими существенно кварцевыми туфами и туффитами; лабрадоровыми порфиритами, которые содержат невыдержанный горизонт интенсивно скарнированных мраморов; андезитовыми порфиритами и их туфами. Общая мощность отложений, слагающих рудное поле, составляет около 2100 м.

Вулканогенно-осадочные образования осложнены системой чешуйчато-надвиговых нарушений и расчленены на многочисленные блоки крутопадающими разрывами, которые отнесены к категории рудоподводящих (Рисунок 43). Наряду со складками высоких порядков, они определяют основные закономерности локализации оруденения, а также влияют на морфологию и строение рудных тел. Установлено, что среди пликативных структур главную роль в контроле оруденения играют шарниры субширотно ориентированных антиклинальных складок высоких порядков, в меньшей мере крылья антиклиналей и куполовидных складок, при подчиненном значении замковых частей синклиналей.

Определяющее значение в контроле оруденения большинство исследователей отводит системе крутопадающих разрывов преобладающего субмеридионального (а так же подчиненного северо-восточного и юго-западного простирания): Центральный, Юганский и др., амплитуда перемещения по которым оценивается в несколько сотен метров. Для некоторых из них фиксируются значительные горизонтальные перемещения. К структурам второго порядка исследователи относят разрывы субмеридионального и диагонального им простираний с амплитудой перемещения в десятки метров (Ворошилов, Гусев, 1997ф).

В настоящее время магматические образования рудного поля (и его обрамления) подразделены на четыре комплекса: Цыганский ( $D_2$ ), Синюхинский ( $O_3-S?$ ), Турочакский ( $S?$ ) и Саракокшинский ( $E_2?$ ) (Гусев, 2006).

Формирование золотого оруденения связывают с Синюхинским диорит-тоналитовым комплексом и входящими в его состав дайками «пестрого» состава (Гусев, 1994). В составе Синюхинского комплекса выделяют четыре фазы: (1) габбро, (2) диориты и кварцевые диориты, (3) тоналиты, (4) граниты и гранодиориты (Гусев, 1994). Как отмечает А.И. Гусев, в темноцветных минералах гранитоидов конечных фаз становления комплекса и сопровождающих их дайках наблюдается закономерное увеличение содержаний золота, меди, висмута, серебра по сравнению с темноцветными минералами более ранних (Гусев, 1994).



К рисунку 43: 1 - Четвертичные отложения нерасчлененные; 2 - Ордовикская система, нижний отдел. Чойская свита. Алевролиты, конгломераты, песчаники. 3 - 7 - Кембрийская система. Верхний отдел: 3 - Еландинская свита. Переслаивание алевролитов, песчаников, реже гравелитов, конгломератов и известняков; Средний отдел. Усть-семинская свита: 4 - Средняя подсвита: верхняя пачка. Переслаивание туфопесчаников, туфов, песчаников, лав базальтов, андезитов, дацитов с мощным горизонтом известняков (более 100 м); 5 - Средняя подсвита: средняя пачка. Переслаивание туфов, лав базальтов, андезитов, андезитов-дацитов, реже кластолав андезитов, дацитов, песчаников, лапиллиевых туфов; 6 - Средняя подсвита. Нижняя пачка. Переслаивание лав, андезитов, андезито-дацитов, дацитов, туфов, реже песчаников, глинистых сланцев с мощным горизонтом известняков (более 100 м); 7 - 19 - Магматические комплексы; 7 - диабазы миндалекаменные, афировые, сложные дайки спессартитов-лейкогранитов теректинского комплекса; 8 - дайки диабазов предположительно верхнедевонского возраста; 9 - дайки и малые тела лейкогранитов, субщелочных гранитов II фазы цыганского комплекса; 10 - дайки субщелочных гранитов, лейкогранитов IV фазы турочакского комплекса; 11 - дайки гранитов, гранодиоритов III фазы инского комплекса; 12 - дайки кварцевых диоритов, спессартитов, тоналитов II фазы инского комплекса; 13 - дайки диоритовых порфиритов I фазы инского комплекса; 14 - гранодиориты порфиroidные, мелкозернистые роговообманково-биотитовые IV фазы инского комплекса; 15 - тоналиты среднезернистые биотит-роговообманковые III фазы инского комплекса; 16 - кварцевые диориты, диориты роговообманковые, пироксеновые II фазы инского комплекса; 17 - плагиограниты, плагиограниты биотитовые, биотит-роговообманковые саракокшинского комплекса; 18 - конгломераты с редкими прослоями алевролитов и песчаников; 19 - горизонты известняков; 20 - кристаллокластические туфы, туфопесчаники, песчаники; 21 - андезиты, андезито-базальты и их туфы (а), вулканомиктовые песчаники (б); 22 - лавы базальтов, андезито-базальтов, андезитов; 23 - скарновые тела; 24 - рудные тела; 25 - сбросы (а), надвиги (б); 26 - геологические границы; 27 - скважины (на разрезе), названия участков (на плане).

В связи с этим фактом автором сделан вывод о связи золото-медно-скарнового оруденения с глубинным магматическим очагом, формировавшим заключительные фазы становления синюхинского магматического комплекса, в том числе дайки среднего состава. С этой группой даек (диоритовые порфириты, гранодиорит-порфиры и др.), положение которых контролируют нарушения субмеридионального северо-северо-восточного и северо-северо-западного простираний, многие исследователи связывают формирование золото-медного оруденения Синюхинского рудного поля. На отдельных участках эта группа даек занимает до 60% территории.

Необходимо отметить, что вмещающие породы вблизи массива гранитоидов интенсивно метаморфизованы. Наиболее высокотемпературные клинопироксен-амфиболовые роговики локализованы в контакте габброидов, амфиболовые – в контактах тоналитов, кварцевых диоритов и гранодиоритов. Ширина «полосы» наиболее высокотемпературных изменений достигает 400 м. Периферийная полоса сложена более низкотемпературными амфибол-биотитовыми и биотитовыми роговиками, удаляющимися от массивов более чем на 1 км.

#### Минералого-геохимическая характеристика золотого оруденения

Специализированными минералогическими исследованиями показано, что в пределах рудного поля проявлено два типа скарновых залежей. К первому, ограничено проявленному,

типу отнесены рудные тела, сформировавшиеся при непосредственном контакте гранитоидов и известняков. Ко второму, доминирующему, типу отнесены рудные залежи, сформировавшиеся по модели инфильтрационного скарнообразования (Гусев, 1998). Формирующиеся в этом случае пироксен-гранатовые с волластонитом экзоскарны развиваются не только по известнякам, но и по базальтам, андезитах и их туфам.

Становлению рудной минерализации в телах гранат-пироксеновых скарнов предшествует интенсивное дробление. Формирующиеся в связи с этим минеральные ассоциации, образующие маломощные жилы, гнездовидные выделения, характеризуются альбит-эпидот-кварцевым или, в зависимости от состава исходных пород, ортоклаз-эпидот-кварцевым, реже карбонат-хлорит-амфиболовым составом, рудные минералы представлены пиритом, реже магнетитом.

Формирующаяся в заключительной стадии продуктивная минерализация занимает преимущественно секущее положение по отношению к основным скарновым телам.

В золотоносных скарнах с промышленными содержаниями меди главную роль играют борнит и халькозин, в парагенезисе с золотом отмечаются теллуриды Bi, Pb, Ni. Золото образует тонкую вкрапленность ксеноморфных зерен, встречается в виде субмикроскопических пленок, очень редко в виде кристаллов октаэдрической и ромбододекаэдрической форм. Пробность золота изменяется от 600-680 до 910-990‰ (Щербаков, Рослякова, 1999). В виде субмикроскопических выделений золото встречается в борните (до 55 г/т), халькозине (до 63.8 г/т) и халькопирите (до 3.8 г/т) (Гусев, 1998).

Метасоматические и гидротермальные изменения пород носили, видимо, полихронный и полифазальный характер (Кряжев, Двуреченская, 2009). Так, А.И. Гусев выделяет четыре стадии становления гидротермально-метасоматических пород, включая скарны.

В раннюю стадию формируются геденбергитовые биметасоматические эндоскарны, а также пироксен-гранатовые и гранат-магнетитовые инфильтрационные скарны.

Вторая стадия характеризуется формированием преимущественно тел волластонитовых скарнов. В третью стадию после интенсивного дробления происходит преобразование скарновых минералов с образованием эпидота, хлорита, альбита, амфибола и др. минералов. С четвертой стадией связано формирование продуктивной минерализации (Гусев, 1998).

Как отмечает Б.Н. Лузгин, в верхних частях разрезов, где преобладают мраморы и светлые туфы (то есть маложелезистые породы) наиболее широко представлены волластонитовые и содержащие волластонит скарны с главными рудными минералами борнитом и халькозином. На нижних горизонтах, где распространены основные породы («темные» туфы, андезитовые порфириды), скарны характеризуются повышенным содержанием железа (развиты магнетитовые, магнетит-гранатовые и андрадитовые

ассоциации), в них преобладает халькопирит. Таким образом, состав скарнов и рудных минералов в значительной степени определяется составом вмещающих пород (Лузгин, 1974).

В золотоносных скарнах условно выделяется две продуктивные подстадии: золото-медно-сульфидная и золото-теллуридная (Кряжев, Двуреченская, 2009). Первая включает четыре ассоциации: карролит-пиритовую, халькопирит-борнитовую, золото-борнит-халькозиновую и виттихенит-теннантитовую.

Карролит-пиритовая ассоциация распространена ограниченно, встречается на контакте скарнов по эффузивным породам, редко встречаются мышьяковистый пирит, арсенопирит, пирротин. Халькопирит-борнитовая ассоциация распространена более широко и отмечается в скарнах по мраморам и эффузивам. Минералы часто образуют структуры распада, в небольшом количестве встречаются  $\text{Vi}$ -теннантит, сфалерит, пирит. Главная продуктивная ассоциация – золото-борнит-халькозиновая. В крупнокристаллических скарнах, сложенных диопсидом, гроссуляром, волластонитом при характерном наличии кварца присутствует халькозин с борнитом. Сульфидные минералы образуют сростания, структуры распада, или же халькозин формирует каймы по борниту. Самородное золото-I тесно связано с халькозином, образует сростания с ним, нарастает в виде каймы или же формирует включения в нем. В виде кристаллов или зерен золото находится в кварце, отлагается по спайности скарновых минералов. Последняя ассоциация выделяется условно, кроме виттихенита и теннантита в ней часто содержится айкинит, сфалерит, галенит, молибденит (Кряжев, Двуреченская, 2009ф). Пробность золота-I составляет 860-950‰ (Двуреченская С.С., 2010).

Поздняя золото-теллуридная подстадия включает ассоциации – алтаит-галенитовую и золото-гессит-блеклорудную, которые формируются в заключительные стадии минералообразования. Они обычно развиваются по халькозину или по спайности скарновых минералов. Низкопробное самородное золото-II, сформировавшееся близодновременно с этими рудными минералами, образует выделения неправильной формы, которые отлагаются в интерстициях скарновых минералов или по их спайности. Самородное золото-II имеет пробность 790-820‰ (Двуреченская С.С., 2010). Значимость золото-теллуридной ассоциации в балансе запасов руд весьма незначительная, поскольку как самостоятельная ассоциация она проявлена ограниченно и, как правило, наложена на золото-борнит-халькозиновую.

Геохимические поиски масштаба 1:5 000, выполненные по вторичным ореолам рассеяния, с учетом данных по первичным ореолам, полученных при бурении скважин и проходки шурфов, показали, что аномалии, фиксирующие положение тел золотоносных скарнов, представлены преимущественно золотом, медью, висмутом и серебром; реже отмечаются ореолы сурьмы. При этом установлено, что наиболее крупные рудные тела золото-медно-скарнового состава фиксируются небольшими по площади контрастными аномалиями названных элементов,

окруженными широкими зонами выноса. Зоны рассеянной минерализации, в отличие от богатых рудных тел, имеют крупные зоны ядерного концентрирования (Ворошилов, Гусев, 1997ф).

Кроме золотоносных скарнов, на рудном поле известны проявления более поздней жильной и жильно-прожилковой золото-сульфидно-кварцевой минерализации, которая, в отличие от золотоносных скарнов, в своем распространении не зависит от литологического состава вмещающих пород. Иногда рудолокализирующими структурами для этого типа оруденения служат разломы, выполняющие также роль флюидоподводящих каналов для скарнового оруденения (Ворошилов, Гусев, 1997ф). Наиболее крупная жильно-прожилковая зона расположена на участке Файфановском. Среди рудных минералов в этой зоне доминирует пирротин; примечательно отсутствие борнита и халькозина (Гусев А.И.). Штокверковая зона, развитая по туфам и дайкам, представленная прожилками и линзочками кварцевого, кварц-кальцитового состава, известна также на участке Черемуховая Сопка (Гусев, 2013).

В соответствии с вещественным составом золото-сульфидно-кварцевых руд положение рудных тел фиксируют ореолы Au, Cu и Bi, отмечаются также ореолы Ag и Sb, реже Pb и Zn.

Наложенная на скарны золото-сульфидно-кварцевая минерализация пространственно связана с дайками «пестрого» состава синюхинского комплекса, получившими максимальное развитие вблизи рудовмещающих разломов (Гусев, 1998).

По результатам анализа и обобщения опубликованных и фондовых материалов для Синюхинского рудного поля была составлена прогнозно-поисковая модель золотого оруденения (Таблица 7)

Таблица 7.

**Геолого-поисковая модель золоторудных проявлений Синюхинского рудного поля**

Критерии и признаки (элементы модели)	Краткая характеристика элементов модели
1	2
Геолого-структурная позиция золоторудных проявлений	Область экзоконтакта Синюхинского массива гранитоидов с осадочно-вулканогенной толщей, слагающей крыло крупной положительной структуры центрального типа, осложненное системой круто- и пологопадающих разрывов, оперяющих региональный разлом субмеридиональной ориентировки
Рудовмещающие образования	Вулканогенно-осадочные толщи с горизонтами и линзами известняков
Магматические образования	Диорит-тоналитовый комплекс, включающий дайки «пестрого» состава
Рудоконтролирующие нарушения	Сочетание круто- и пологопадающих разрывов, входящих в систему регионального разрыва субмеридиональной ориентировки
Контактово измененные рудовмещающие толщи	Роговики от клинопироксен-амфиболовых до биотитовых по породам терригенно-вулканогенной толщи, мраморизованные известняки
Морфология рудных тел	Пластообразные тела (залежи), иногда многоярусные, локализованные на контактах тел мраморизованных известняков с осадочно-вулканогенными образованиями
Гидротермально измененные породы	Актинолит-тремолитовые, кварц-эпидот-карбонатные, кварц-серицит-пирит-карбонатные, кварц-серицитовые метасоматиты

1	2
Вещественный состав руд: рудные минералы нерудные минералы	Золото, борнит, халькозин, халькопирит, теллуриды висмута, свинца и никеля, пирит, редко теннантит, магнетит, шеелит В скарнах: гранат, пироксен, волластонит В жильно-прожилковых зонах: актинолит, тремолит, эпидот, ортоклаз, альбит, кварц, серицит, карбонат Продуктивные минеральные ассоциации: основная – золото-борнит-халькозиновая; второстепенная – золото-теллуридная
Характеристика самородного золота	Доминируют выделения неправильной формы трещинно-интерстиционального типа; кроме того – каплевидные, проволоковидные, реже – октаэдры и выделения с ровными гранями Пробность золота (в ассоциации с теллуридами) 790‰ - 820‰, элементы-примеси: серебро, медь, висмут, реже ртуть; (в ассоциации с сульфидами и жильными минералами) - 860‰-940‰
Геохимическая характеристика руд (в первичных и вторичных ореолах)	1. Для тел золотоносных скарнов нелинейные, близкие к изометричным аномалии золота, меди, висмута и серебра 2. Для жильных и жильно-прожилковых минерализованных зон линейные аномалии близкого состава

## 5.2. Тарданское месторождение

### Позиция в региональных структурах

Тарданское рудное поле расположено в Тумат-Тайгинской складчатой зоне Тувинской складчатой области, к юго-западу от зоны Каа-Хемского глубинного разлома. Рудное поле приурочено к зоне Каа-Хемского глубинного разлома и локализуется в его оперяющей структуре, в краевой части Каа-Хемского полихронного батолита.

### Геологическое строение месторождения

Тарданское рудное поле сложено вулканогенно-карбонатными отложениями раннего кембрия, которые располагаются в надинтрузивной зоне и прорываются многочисленными мелкими телами. Нижнюю часть разреза слагают существенно вулканогенные образования тумматтайгинской свиты (кварцевые порфиры, диабазовые порфириты и туфами с прослоями доломитов), которые выше по разрезу сменяются существенно карбонатными отложениями тапсинской свиты (карбонатные отложений с прослоями кислых эффузивов). Породы смяты в антиклинальные складки субширотного простирания, которые нарушены разломами северо-восточного, северо-западного и субмеридионального простирания.

Магматические образования в пределах рудного поля представлены Копто-Байсютским массивом, в составе которого участвуют породы габбро-диорит-плаггиогранитной формации (габбро-диориты и диориты) и небольшие тела (штоки, дайки) гранит-порфиров и кварцевых

диоритов. Интрузивные породы занимают около 40% площади рудного поля. Копто-Байсютский массив является частью крупного Каа-Хемского батолита, образование которого связано со становлением четырех разновозрастных интрузивных комплексов (от 451.0 до 535.7 млн. лет).

На месторождении вдоль экзоконтактов Копто-Байсютского массива широко проявлено скарнирование с образованием магнезиальных и известковых скарнов. Наиболее мощные скарновые тела (до 50 м) локализованы вдоль тектонически нарушенных контактов массива. Магнезиальные скарны формируют маломощные тела неправильной формы, сложенные магний содержащими минералами – форстеритом, фассаитом, шпинелью, паргаситом, флогопитом, реже мелилитом, периклазом и др. Известковые скарны слагают тела протяженностью до нескольких сот метров и мощностью до первых десятков метров, в состав которых входят пироксен, гранат, эпидот, волластонит и скаполит.

Золотое оруденение Гарданского месторождения ранее традиционно связывалось с золото-скарновой субформацией, но проведенные в последние годы исследования показали более сложную картину его формирования. Ранние золотоносные образования – это золотоносные скарны, которые приурочены к зонам контакта карбонатных пород с малыми интрузивными телами, сгруппированными в линейные зоны. Более поздние представлены золотоносными гидротермально-метасоматическими образованиями различного состава, приуроченными к линейным зонам дробления (Гаськов, 2008).

#### Минералого-геохимическая характеристика золотого оруденения

Золотое оруденение в известковых и магнезиальных скарнах приурочено к магнетитовым рудам, которые образуют тела линзовидной формы. Золото имеет пространственную связь с распределением сульфидных минералов, а его содержание – с количеством сульфидов. Золото-сульфидная минерализация развивается в катаклазированных участках магнетитовых руд, в микротрещинах и межзеновом пространстве магнетита. Сульфиды присутствуют в количестве 1-3% и представлены наиболее распространенными пиритом и халькопиритом, а так же борнитом, реже сфалеритом, пирротинном и арсенопиритом. Пробность золота варьирует в пределах 820-990‰, содержание меди достигает 5.07% (Гаськов, 2008).

Минерализованные зоны дробления приурочены к крутопадающим линейным тектоническим структурам северо-западного, субмеридионального и реже северо-восточного простирания, которые развиваются по самым различным горным породам, включая вулканогенно-осадочные, магматические и скарны. Протяженность зон составляет сотни метров при мощности в первые десятки метров. Зоны сложены средне- и низкотемпературными метасоматическими образованиями, состав которых зависит от состава исходного протолита.

По основным горным породам формируются метасоматиты эпидот-актинолит-хлорит-карбонатного состава (пропилитизированные горные породы). По магнезиальным скарнам формируется магнетит-эпидот-талк-серпентиновая ассоциация, а по серпентинизированным апоскарновым породам – листвениты. По кислым интрузивным породам формируются серицит-кварцевые метасоматиты и березитоподобные изменения. Преобразование карбонатных пород сопровождается их мраморизацией, частичным окварцеванием и интенсивным образованием кварц-карбонатных прожилков (Гаськов, 2008). Для этих метасоматитов характерно присутствие рудных минералов (не более 3-5%), но их состав разнообразен, а развитие неравномерное. Наряду с характерными для медно-скарновых месторождений халькопиритом, пиритом, борнитом, халькозином, дигенитом, сфалеритом и галенитом, в минерализованных зонах широко развиты различные теллуриды (гессит, теллуровисмутит, тетрадимит), низкотемпературные сульфиды и сульфоарсениды кобальта и никеля. Золото в минерализованных зонах дробления имеет неравномерное распределение и образует обогащенные участки в виде линз и гнезд мощностью до 15 м. Пробность золота 440-820‰. Выделяется главным образом в самородном виде, формируя мелкие и тонкие (0.01—0.5 мм) вкрапления в микротрещинах вмещающей породы, а также в виде включений в пирите, халькопирите и борните. Наибольшие концентрации тонкодисперсного золота установлены в халькопирите. Самое низкотемпературное золото содержит примесь ртути до 5.47% (Гаськов, 2008).

Геохимическая характеристика золоторудной минерализации разных типов так же имеет ряд отличий. Для ранних золотоносных скарнов характерен более широкий спектр элементов: Au, Ag, Cu, Zn, Co, Ni. В зонах дробления главными элементами являются As и Pb. (Гаськов, 2008).

Исследования, проведенные в последние годы, показали, что формирование золотоносных магнетитовых тел в скарнах связано с плагиогранитами и габбро-диоритами таннуольского комплекса, внедрившегося в позднеордовикское время. Золотое оруденение, проявленное в зонах дробления и вдоль тектонических нарушений в средне и низкотемпературных гидротермально-метасоматических породах (березиты, листвениты, пропилиты), является постскарновым и сформировалось с некоторым отрывом после внедрения гранитных дайковых тел. Как отмечает И.В. Гаськов, формирование промышленных концентраций золота на Тарданском месторождении обязано **пространственному совмещению золоторудной минерализации**, сформированной в постскарновый этап в ассоциации с магнетитовыми рудами, и золотого оруденения, образовавшегося в связи с проявлением гидротермально-метасоматической деятельности, связанной с внедрением малых гранитных интрузий.

### 5.3. Майско-Лебедское месторождение

#### Позиция в региональных структурах

Майско-Лебедский рудный узел приурочен к Каурчакской очаговой структуре, которая представляет собой впадину диаметром более 6 км, сложенную раннекембрийскими слабодифференцированными вулканитами андезито-базальтового состава, при ограниченном распространении девонских фельзитов и дацитов. Вулкано-плутоническая структура окружена интрузивными образованиями, принадлежащими раннекаледонскому садринскому комплексу гранитоидов, которые под центральной частью структуры предполагаются по геофизическим данным на глубинах 800-1100 м. Каурчакская очаговая структура имеет блоковое строение, основные черты которого определились в период от среднего кембрия до позднего девона (Платонов и др., 2008ф).

#### Геологическое строение месторождения

Рудное поле располагается в западной части Каурчакской структуры, вблизи Кузнецко-Алтайского глубинного разлома (Алабин, 1999). Вмещающими оруденение породами служат отложения садринской свиты ( $\text{Є}_1$ ), представленные лавами среднего-основного состава, их туфами, туфоаргиллитами и туфоалевролитами при подчиненной роли мраморизованных известняков и туфокарбонатных брекчий. Отложения собраны в относительно пологие брахискладки с углами падения 20-50° (Платонов и др., 2008, С. 71). Туфогенные породы были подвергнуты зеленокаменному перерождению (амфиболизация, альбитизация, хлоритизация, эпидотизация).

Наиболее ранние интрузивные образования представлены садринским габбро-гранодиорит-гранитным комплексом ( $\text{Є}_1\text{-O}_1$ ), поздние – Позднедевонским габбро-монцонит-граносиенитовым комплексом ( $\text{D}_3$ ). Садринский комплекс в пределах рудного поля представлен Майским массивом. Он вытянут субсогласно с вмещающими породами, в его составе выделяются габбро, габбро-диориты, гарнодиориты, плагиограниты и кварцевые диориты. Предполагается двухфазное становление массива: в первую стадию внедрились габбро и диориты, а в заключительную – гранитоиды (Платонов и др., 2008ф). Вблизи контактов вмещающие породы метаморфизованы (с образованием роговиков и мраморов) и метасоматически изменены (скарнирование). По данным Н.Ф. Столбовой, с породами Майского массива связаны интенсивные проявления гибридизма с образованием пород переменного минералогического состава (Столбова, автореф...канд. дисс., 1970). Породы массива в целом падают под осадочную толщу.

Вдоль контакта массива с вмещающими породами проходит крутопадающий субмеридиональный разрыв. В пределах тектонической зоны шириной до 20 м породы милонитизированы и катаклазированы. Разлом сопровождается сериями оперяющих разрывных нарушений (Столбова, 1970). Наряду с субмеридиональными, проявлены разрывные нарушения северо-западной ориентировки (Столбова, автореф...канд. дисс., 1970).

В целом, рудное поле приурочено к фрагменту субмеридиональной тектонически ослабленной зоны, представляющей область контакта Майского массива ( $C_1-O_1$ ), и вмещающей вулканогенно-осадочной толщи, интродуцированной многочисленными малыми телами-сателлитами массива. Сателлиты имеют удлиненную в субмеридиональном плане форму. Пространство между отдельными телами и провесы их кровли выполнено вулканогенно-осадочными отложениями садринской свиты.

Дайки в пределах Лебедской скарновой зоны имеют ограниченное распространение и малую мощность, не превышающую 1 м. Часто дайки приурочены к центральным частям скарновых тел, формируясь позднее последних (Столбова, автореф...канд. дисс., 1970).

Как отмечает Н.Ф. Столбова, складчатость и тектонические нарушения, которые совпадают по простиранию со слоистостью пород, способствовали интенсивному протеканию метасоматических процессов в пределах рудного поля. Скарны и магнетитовые тела повторяют очертания прослоев линз известняков среди вмещающих пород, и в тоже время совпадают по направлению с тектоническими нарушениями. Форма мелких скарновых тел линзообразная и чашеобразная. Наиболее крупное Северное тело имеет форму перевернутого желоба, повторяя изгиб складки. В отдельных скарновых телах обнаруживаются ослабленные зоны, заполненные более поздними гидротермальными и метасоматическими образованиями и дайками. (Столбова, автореф...канд. дисс., 1970).

По данным Т. В. Тимкина, на Майско-Лебедском месторождении оруденение сформировалось в два этапа. С первым связано образование золото-магнетит-сульфидных руд в апоскарновых пропилитах (каледонский этап), а со вторым (герцинским) – формирование золото-сульфидно-кварцевых прожилково-вкрапленных руд, приуроченных к березитам, локализованных внутри линейных зон пропилитов (Тимкин, 2012). Каледонский этап связан со становлением садринского комплекса, а герцинский – позднедевонского.

#### Минералого-геохимическая характеристика золотого оруденения

В пределах месторождения известны биметасоматические и инфильтрационные скарны. Эндоскарны образованы по гранитоидам и сложены геденбергитом и плагиоклазом. Экзоскарны образовались по вулканитам и известнякам, имеют гранатовый, диопсидовый, волластонитовый и смешанный состав, причем гранат преобладает над прочими минералами (Тимкин, дисс...канд. г.-м. наук, 2009).

В скарнах локализованы магнетитовые тела, большая часть которых тяготеет к диопсидовым разностям. Рудами служат диопсидовые, а так же перекристаллизованные гранатовые скарны и магнетитовые тела. По скарнам развиваются пропилиты, с которым тесно связана золото-сульфидно-магнетитовая минерализация, в составе которой присутствует поздний магнетит, актинолит, хлорит, кальцит, сульфиды и золото (Тимкин, дисс...канд. г.-м. наук, 2009). Сульфиды представлены пиритом, халькопиритом, сфалеритом, пирротином, кобальтином и алтаитом (Тимкин, 2012). Кроме этого, в составе золотоносных скарнов некоторые авторы отмечают тетрадимит, висмутин, калаверит, вейссит (Столбова, 1971).

Пропилиты, развитые вдоль линейных зон разломов, обычно имеют постепенные переходы в хлорит-карбонат-серицит-кварцевые и серицит-кварцевые березитоподобные породы, в центральных частях которых локализованы кварцевые прожилки и жилы с серицитом и сульфидами. Типоморфными минералами являются кварц, серицит, карбонат и пирит. В жилах и прожилках кварцевого и карбонат-кварцевого состава присутствует неравномерная сульфидная минерализация. Она образует две ассоциации: кварц-золото-полисульфидную и золото-серебро-теллуридно-висмутовую (Тимкин, дисс...канд. г.-м. наук, 2009). В составе первой наблюдаются пирит, арсенопирит, сфалерит, халькопирит, галенит, тетраэдрит; второй – теллуровисмутит, тетрадимит, цумоит, бенжаминит и серебро (Тимкин, 2012).

Самородное золото из золотоносных скарнов часто образует каплевидные образования в тетрадимите, иногда золото образует включения в халькопирите. Золото так же часто заполняет интерстиции минералов, трещины внутри кристаллов и отлагается по спайности пироксенов и амфиболов (Столбова, 1971). В значительных полостях золото образует кристаллы до 10 мм.

## **5.4. Месторождение Новогоднее Монто**

### Позиция в региональных структурах

Новогодненское рудное поле локализовано в юго-восточной части Тоупугол-Ханмейшорского рудного узла, в северном секторе Малоуральского краевого вулканоплутонического пояса. Тоупугол-Ханмейшорский рудный узел отвечает крупной вулканотектонической депрессии, выполненной вулканогенно-осадочными породами, и ее интрузивному обрамлению, сложенному гранитоидами собского комплекса. Эта тектономагматическая структура располагается в области пересечения долгоживущих региональных тектонических нарушений продольно- и поперечно-уральского направлений.

### Геологическое строение месторождения

Месторождение Новогоднее-Монто расположено в юго-восточной части рудного узла в пределах тектонического блока, сформировавшегося в области пересечения разноориентированных разрывных зон. Блок представляет собой локальное поднятие (Новогодненский выступ кровли гранитоидов собского комплекса), раздробленное нарушениями более высокого порядка.

Стратифицированные отложения представлены породами тоупугольской толщи ( $S_2-D_1$ ), сложенное туфами и лавами андезитового, андезито-базальтового и базальтового состава с линзообразными телами известняков, которые содержат прослои туфов.

Интрузивные образования представлены собским габбро-кварцеводиорит-тоналитовым комплексом ( $D_{1-2}$ ), конгорским габбро-монзонит-порфириновым комплексом ( $D_3-C_1$ ) и малоханмейский габбро-долеритовый комплекс автономных субвулканических тел (Т) (Кряжев, 2009ф). В составе собского комплекса преобладают кварцевые диориты и тоналиты, в экзоконтактах которых наблюдаются многочисленные силлообразные апофизы. На завершающей стадии становления комплекса формируются дайки «пестрого» состава (кварцевые диоритовые порфириты, тоналит-порфиры, плагиогранит-порфиры).

Известковые скарны развиваются по вулканитам на контакте с известняками и по карбонатсодержащим вулканогенно-осадочным породам в участках фациального перехода от карбонатных пород к вулканогенно-осадочным. Их положение контролируется не только подошвой горизонта рифовых известняков, но и разрывными нарушениями. Все скарновые залежи располагаются в надинтрузивной зоне массива гранитоидов. Наиболее благоприятны для скарнообразования туфы с известковистым цементом. Скарновые залежи имеют в плане неправильное очертание, в разрезе – линзовидную и лентовидную форму. Их мощность составляет первые десятки метров, протяженность – первые сотни, состав однородный и выдержанный, без ясной зональности (Волчков и др., 2001 ф; Кряжев, 2009ф).

### Минералого-геохимическая характеристика золотого оруденения

Золотое оруденения месторождения связано с золотоносными скарнами и зонами березитизации золото-сульфидно-кварцевого состава. Скарны имеют (везувиан)-пироксен-гранатовый и пироксен-гранат-эпидотовый состав. Формирование скарнов завершается эпидот-гранат-магнетитовой минерализацией с образованием практически мономинеральных магнетитовых рудных тел с вкрапленностью пирита, кальцита и других минералов.

С магнетитовыми телами пространственно сопряжены участки развития золото-магнетит-сульфидного минерального комплекса, сложенного поздним магнетитом, мушкетовитом, амфиболом тремолит-актинолитового ряда, хлоритом, кальцитом, сульфидами и золотом. Золоторудные тела характеризуются сложной (неправильной, гнездо- и

линзообразной) морфологией, а их контуры совпадают с участками повышенной сульфидизации (Кряжев, 2009ф).

На месторождении широко проявлена площадная пропилитизация вулканогенных и гранитоидных пород, что выражается в широком распространении актинолит-эпидотовой, эпидот-хлоритовой и карбонат-хлоритовой минерализации. Пропилиты накладываются на вулканогенные породы и гранитоиды, скарны и околоскарновые породы приурочены к зонам разломов и пересечения разломов (Кряжев, 2009ф).

Березитизация относится к наиболее поздним гидротермально-метасоматическим преобразованиям и накладывается на все предшествующие типы измененных горных пород. Зоны березитизации вместе с кварцевыми и кварц-карбонатными прожилками образуют минерализованные зоны с прожилково-вкрапленным золото-сульфидно-кварцевым оруденением. Типоморфными минералами являются кварц, серицит, карбонат, пирит (Кряжев, 2009ф).

Золотое оруденение формируется в два этапа. Первый этап связан с формированием в скарновых и магнетитовых телах золотоносной минерализации двух подтипов. Первый подтип – это зоны сульфидизации скарново-магнетитовых руд, локализованных вдоль контакта с мраморизованными известняками. Характерно, что рудные тела выделяются только по данным опробования. Второй подтип представлен зонами окварцевания и сульфидизации по стратифицированным залежам магнетитоносных скарнов и скарнированных вулканогенных пород, подстилающих линзы мраморов. Таким образом, оруденение первого этапа накладывается как на скарны, так и на магнетитовые тела.

Второй более поздний этап связан с образованием приразломных линейных зон золото-сульфидно-кварцевого состава, которые представлены зонами березитизации с линзовидными телами кварцевого и кварц-карбонатного состава в осевых частях. Оруденение формируется на позднем этапе становления рудно-магматической системы (Кряжев, 2009ф).

Золото-сульфидно-магнетитовые скарновые руды первого этапа образуют пластовые залежи, сложены ранними эпидотом, гранатом андрадитового ряда, диопсидом-геденбергитом и более поздними эпидотом, актинолитом, альбитом, карбонатом, кварцем. Главные рудные минералы, количество которых варьирует в широких пределах – магнетит, пирит, кобальтин, халькопирит, редко гематит, пирротин, арсенопирит, сфалерит, марказит. Наиболее обогащены золотом участки с повышенным содержанием кобальтина. Характерно, что магнетит на расстоянии нескольких см от скоплений сульфидов не золотоносен (Кряжев, 2009ф).

Золото-сульфидно-кварцевые руды второго этапа слагают субвертикальные маломощные зоны прожилкования. Руды имеют серицит-хлорит-карбонат-кварцевый и кварцевый состав с неравномерной прожилковой вкрапленностью сульфидных минералов в

количестве до 10%. Главный минерал – пирит, редкий и характерный – галенит, редко встречаются халькопирит и гематит. Теллуридная минерализация в ассоциации с самородным золотом представлена алтаитом, петцитом, гесситом приурочена к микротрещинам в кварце (Кряжев, 2009ф).

Основные элементы, образующие геохимические аномалии, сопровождающие золотое оруденение – Ag, Pb, Hg, Bi, As, Mo, Co, Cu, Zn, As, S (Волчков и др., 2001ф).

Выделяется три разновидности самородного золота. Наиболее раннее – это золото магнетит-сульфидных руд, которое образует включения размером от 0.001 до 0.04 мм овальной, изометричной, угловатой, крючковатой, прожилковидной, неправильной формы и в виде кристаллов в кобальтине, ранних пирите, магнетите, реже халькопирите, в жильных минералах или на их контакте. По химическому составу золото относительно низкопробное (760-880‰) и высокопробное (900-990‰).

Более позднее золото отлагалось при формировании золото-сульфидно-кварцевых руд. Одна разновидность - это золото в пирите, галените, халькопирите, в жильных минералах – кварце и хлорите. Другая разновидность – самородное золото в петците и гессите в виде нитевидных включений или изометричные кристаллы в массе кварца пробностью 830-860‰ (Кряжев, 2009ф).

Таким образом оруденение месторождения Новогоднее-Монто сформировалось в две стадии: более раннюю, завершающую процесс скарнообразования и более позднюю, связанную с формированием золото-сульфидно-кварцевой минерализации. Как правило, минеральные комплексы, характерные для каждой из стадий, в пространстве разобщены. Но в скарнах устанавливаются их отчетливые минеральные признаки совмещения (на кобальт содержащие парагенетические ассоциации наложена кварц-карбонатная минерализация с пиритом, галенитом и низкопробным золотом. Признаки принадлежности этой ассоциации к «березитовому» этапу подтверждены результатами изотопных исследований (Кряжев, 2009ф).

Таким образом,

исследования, проведенные на многих известных золото-скарновых месторождениях в последние годы, показали их сложное, многостадийное формирование. В региональном плане все известные месторождения (рудные поля) приурочены к областям крупных (региональных) и оперяющих их тектонических нарушений, располагаются в надинтрузивной области или зоне эндо-экзоконтактов крупных массивов гранитоидов габбро-гранодиорит-гранитной формации. Стратифицированные отложения представлены, как правило, осадочно-вулканогенными отложениями, при этом карбонатные породы могут иметь существенно подчиненное значения, слагая отдельные пласты и линзы. При этом среди вулканогенных и вулканомиктовых пород заметная роль принадлежит породам основного состава. Интенсивность проявления дайкового

комплекса неоднозначна. На некоторых месторождениях (например, месторождения Синюхинского рудного поля) комплекс даек «пестрого» состава проявлен достаточно интенсивно: на некоторых месторождениях рудного поля они слагают до 60% площади последних. В то же время, на других месторождениях (например, Майско-Лебедское), встречаются лишь единичные дайки. При этом на всех объектах они подчеркивают простираие главных разрывных нарушений и оперяющих их дизъюнктивов.

Золотоносные скарны локализованы в области контактов массивов гранитоидов и вдоль разломных зон, осложняющих осадочно-вулканогенные отложения, области контактов и надинтрузивные зоны. Разрывные нарушения являются, пожалуй, главным фактором локализации золотого оруденения. На Синюхинском месторождении, которое, по мнению В.А. Вахрушева, является эталоном золото-скарновых месторождений, разрывные нарушения играют с одной стороны роль рудоподводящих каналов при формировании золотоносных скарнов, а с другой стороны, служат рудовмещающими образованиями для золото-сульфидно-кварцевой минерализации (Ворошилов, Гусев, 1997ф).

Практически на всех месторождениях, помимо золотоносных скарнов, в различной степени проявлены золотоносные кварцевые жилы и минерализованные зоны золото-сульфидно-кварцевого состава. Взаимоотношение последних с золотоносными скарнами не всегда однозначно и в должной мере на многих объектах не изучалось. На Синюхинском рудном поле на месторождениях Черемуховая Сопка и Файфановский золото-сульфидно-кварцевые штокверковые и жильно-прожилковые зоны имеют самостоятельное промышленное значение (Государственная геологическая карта М-45-III, 2001). Специализированные исследования последних лет, проведенные на месторождениях Новогоднее Монто, Тарданское, Майско-Лебедское (Гаськов, 2008; Кряжев, 2009ф; Тимкин, 2009 и др.) установили, что золото-сульфидно-кварцевое оруденение формируется позднее золото-скарнового, часто накладываясь на последнее. На некоторых месторождениях (Тарданское /Гаськов, 2008/) образование промышленно значимого оруденения связано с наложением золото-сульфидно-кварцевой минерализации на ранее сформированные золотоносные скарны.

Вещественный состав руд имеет как общие для всех месторождений черты, так и многочисленные индивидуальные особенности. Состав золотоносных скарнов довольно прост: гранат, пироксен, волластонит, реже везувиан. Руды представлены золотоносными гранатовыми, пироксеновыми, гранат-пироксеновыми, волластонитовыми скарнами и магнетитовыми телами. При этом основная масса магнетита формируется после дробления и перекристаллизации скарнов. Магнетит на золото-скарновых месторождениях промышленных скоплений не образует (Коробейников, Зотов, 2006), однако его присутствие весьма характерно и связано с преобразованием вулканомиктовых и вулканогенных пород основного состава,

обогащенных железом (в скарнах по карбонатным породам магнетит обычно имеет подчиненное значение). Среди нерудных минералов продуктивной ассоциации наиболее характерны эпидот, амфибол тремолит-актинолитового ряда, хлорит, карбонат, альбит и кварц. Спектр рудных минералов довольно обширный и включает помимо магнетита так же пирит, пирротин, халькопирит, борнит, халькозин, реже кобальтин, арсенопирит, галенит, сфалерит, характерно наличие висмутина, тетрадимита, теллуридов висмута, никеля, свинца и др.

Золото-сульфидно-кварцевое оруденение локализуется в гранитоидах массивов представлено кварцевыми жилами, жильно-прожилковыми и штокверковыми зонами, которые сопровождаются ореолами березитоподобных и листенитоподобных метасоматитов, сформированными по породам массивов, по дайкам, осадочно-вулканогенным породам, а так же по скарнам, в том числе золотоносным. Наиболее характерные нерудные минералы – кварц, серицит, хлорит, карбонат. Спектр рудных минералов, по сравнению с золотоносными скарнами, менее обширный, наиболее характерны пирит, арсенопирит, халькопирит, галенит, так же встречаются минералы группы теллуридов и другие минералы.

Обычно количество рудных минералов в рудных телах золото-скарновых месторождений не превышает 3-5%, иногда достигая 10%. Часто содержания золота находятся в прямой зависимости от количества рудных минералов. Тем не менее, среди золото-скарновых месторождений известны примеры, где количество сульфидов не превышает первых процентов, при этом содержания золота не зависят от количества последних (Тырнаузское месторождение; Столяров, 2015).

Для золота скарнов характерны неправильные формы, что определяется его избирательной приуроченностью к межзерновым пустотам, трещинам и плоскостям спайности. Наряду с неправильными формами встречаются и кристаллы, их сростки. Пробность золота варьирует в широких пределах. Для золота скарнов наиболее характерны примеси меди, висмута, теллура, ртути (Двуреченская, 2010; Столяров, 2015 и др.).

В опубликованной и фондовой литературе обычно приводится обобщенная геохимическая характеристика, без разделения золотоносных скарнов и золото-сульфидно-кварцевых минерализованных зон. В целом для рудных тел золото-скарновых месторождений характерны первичные и вторичные ореолы золота, серебра, меди, висмута, цинка, а так же мышьяка, свинца и сурьмы.

## ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Основной целью работы являлась разработка геолого-поисковых моделей золотого оруденения Топольнинского рудного поля, учитывающих геолого-структурные и минералого-геохимические критерии и признаки объектов разной перспективности. На основе анализа и обобщения фондовых и опубликованных материалов, а также результатов специализированных исследований автора, обосновано выделение двух типов золоторудных объектов.

К первому, наиболее многочисленному, но наименее перспективному отнесены проявления, рудные тела которых представлены золотоносными скарнами и скарноидами, локализованными в области сложно построенного экзоконтакта массива гранитоидов. Рудные тела субсогласны простиранию рудовмещающих контактово-метаморфизованных терригенно-карбонатных толщ и/или конформны контакту массива гранитоидов или его апофизам. Формирование тел золотоносных скарнов связано с последовательным проявлением гранат-пироксеновой, эпидот-актинолитовой и эпидот-хлоритовой стадий. С последней связано формирование основного золото-халькопирит-халькозин-борнитового комплекса с висмутином, теллуридами, минералами группы блеклых руд и др. Для тел золотоносных скарнов характерен достаточно обширный спектр рудных минералов; помимо перечисленных установлены шеелит, молибдошеелит, молибденит, тетрадимит и другие. Графики распределения золота и его элементов-спутников, построенные по керну скважин и полотну канав, позволили выделить первичные ореолы меди, висмута, олова, цинка, вольфрама и др.

Ко второму, наиболее перспективному типу принадлежат объекты, сформировавшиеся в результате совмещения тел золотоносных скарнов и более поздних жильно-прожилковых и прожилковых зон золото-сульфидно-кварцевого состава. Эти объекты локализованы в зоне экзоконтактов массивов гранитоидов: в этих участках контактово-метаморфизованные терригенно-карбонатные толщи осложнены рудоконтролирующими разрывами, в качестве которых выступают фрагменты нарушений преимущественно северо-западной ориентировки, принадлежащие системе региональных разрывов Ануйского тектонического блока. Неоднократная активизация последних, фиксируемая комплексом разновозрастных даек «пестрого» состава, обуславливает формирование поздней прожилково-вкрапленной минерализации золото-сульфидно-кварцевого состава, которая часто совмещена с телами золотоносных скарнов. В соответствии с этим, геохимические ореолы рассматриваемого типа золотоносных образований определяются соответствующими характеристиками ореолов тел золотоносных скарнов и минерализованных зон золото-сульфидно-кварцевого состава. В этих

зонах рудные минералы представлены пиритом, арсенопиритом, минералами группы блеклых руд, редко галенитом, сфалеритом, молибденитом и вольфрамитом. В целом по сравнению с золотоносными скарнами и скарноидами, минерализованные зоны выражены в первичных ореолах менее отчетливо, для них характерны первичные ореолы золота, мышьяка, вольфрама, молибдена, редко свинца.

Установлено, что наиболее перспективные золоторудные проявления выражены контрастными ореолами золота и элементов-спутников, протяженностью 100-300 м. Локальные, часто контрастные аномалии протяженностью до 100 м соответствуют зонам незначительного проявления золоторудной минерализации. Обширные, протяженностью в первые км и мощностью в сотни метров, часто контрастные аномалии золота и элементов-спутников соответствуют зонам рассеянной золоторудной минерализации.

Обращает внимание тот факт, что золоторудные проявления и месторождения Топольнинского рудного поля локализованы в области ближнего экзоконтакта, не далее 200-300 м от линии контакта, в то время как участки известных месторождений находятся на удалении до 1 км от контакта массивов. Это обусловлено, вероятно, преобладанием крутых контактов у Топольнинского и Караминского массивов в сочетании с ограниченно проявленными разломными зонами северо-западного простирания, которые так же локализуются вблизи массивов. Как и на Синюхинском месторождении, проявления и месторождения Топольнинского рудного поля часто сопровождаются интенсивно проявленным комплексом даек «пестрого» состава, которые отражают тектоническую нарушенность.

Спектр сульфидных минералов золотоносных скарнов и скарноидов наиболее близок золотоносным скарнам Синюхинского месторождения, хотя, как показали результаты обобщения фондовых и опубликованных материалов, на различных золото-скарновых месторождениях спектр и количество рудных минералов может существенно различаться. Так, например, минералы группы теллуридов могут формироваться как в составе золото-скарновой (Синюхинское м-е), так и золото-сульфидно-кварцевой минерализации (Майско-Лебедское м-е). Аналогично некоторым другим месторождениям (Тырныаузское, Майско-Лебедское), рудные пересечения в скарнах визуально неотличимы от безрудных интервалов.

Характерно, что в отличие от многих месторождений (Майско-Лебедское, Новогоднее-Монто и др.), на объектах Топольнинского рудного поля нет магнетитовых тел, благоприятных для отложения золота. Вероятно, это обусловлено составом вмещающих пород: в отличие от упомянутых месторождений, на Топольнинском рудном поле отсутствуют обогащенные железом вулканогенные и вулканогенно-осадочные породы среднего-основного состава.

Изучение типоморфизма самородного золота из золотоносных скарнов, зон окварцевания и березитизации, показало, что независимо от состава вмещающих оруденение

пород для выделений золота характерно преобладание неправильных (комковидно-ячеистых, трещинно-прожилковых, интерстициальных) форм при наличии гемиидиоморфных частиц и относительной редкости правильных форм. Редкость последних указывает на ограниченность проявления условий свободного роста. Установлено, что для золота из скарнов характерна широкая вариация пробности в диапазоне 774-890‰. Микрорентгеноспектральным анализом установлено наличие типичных для золота из скарнов примесей Bi, Te, а так же Hg. Золото из минерализованных зон окварцевания имеет пробность 934-945‰, и в отличие от золота из скарнов в нем установлены примеси Cu. Обращает внимание достаточно низкое количество элементов-примесей в золоте, которое не превышает в сумме 0.4%, в то время как на известных золото-скарновых месторождениях это значение достигает первых %%. Предположительно незначительное количество элементов-примесей находится в соответствие с незначительным количеством сульфидов на золоторудных проявлениях в целом.

На основе полученных данных разработаны геолого-поисковые модели для каждого из выделенных типов. Эти модели могут быть использованы при выборе перспективных площадей, а также ранжировании перспективных участков по последовательности изучения при проведении геолого-поисковых работ. Аналогично объектам второго типа, на некоторых золото-скарновых объектах (Тарданское месторождение) формирование наиболее значимого оруденения обусловлено наложением золото-сульфидно-кварцевой минерализации на ранее сформированные золотоносные скарны. Однако, необходимо отметить, что анализ материалов, характеризующих элементы геологической обстановки и минералого-геохимические данные по Синюхинскому золото-скарновому месторождению показал, что при значительных масштабах проявления золото-халькопирит-халькозин-борнитововго минерального комплекса возможно формирование месторождения золота в связи с объектами первого типа.

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

### Опубликованная

1. Абдуллаев, Х. М. Дайки и оруденение [Текст] / Х. М. Абдуллаев. М: Государственное научно-техническое издательство литературы по геологии и охране недр, 1957. – 232 с.
2. Алабин Л. В. Металлогения золота Кузнецкого Алатау [Текст] / Л. В. Алабин, Ю. А. Калинин // Объединенный институт геологии, геофизики и минералогии: Труды. – 1999. – Вып. 843. – 237 с.
3. Амосов, Р. А. Онтогенезис самородного золота России [Текст] / Р. А. Амосов, С. Л. Васин; Центр. научно-исслед. геологоразведочный институт цветных и благородных металлов. – М.: ЦНИГРИ, 1995. – 151 с.
4. Андреев, А. В. Месторождения золота Новогодненского рудного поля (Полярный Урал), типы руд и обстановки нахождения [Текст] / А. В. Андреев // Научно-методические основы прогноза, поисков и оценки месторождений благородных, цветных металлов и алмазов – состояние и перспективы. Сборник тезисов докладов научно-практической конференции. / Центр. научно-исслед. геологоразведочный институт цветных и благородных металлов. – Москва, 2016. – С. 66.
5. Бакшт, Ф. Б. Геофизические методы как средство изучения золоторудных столбов на скарновых месторождениях Горного Алтая [Текст] / Ф. Б. Бакшт // Проблемы образования рудных столбов. Материалы симпозиума. / Сибирский научно-исслед. Институт геологии, геофизики и минерального сырья. – Новосибирск, 1972. – С. 160–165.
6. Бедарев, Н. П. Геология и золотоносность Топольнинского рудного поля [Текст] / Н.П. Бедарев, А. И. Гусев // Руды и металлы. – 1998. – № 2. – Стр. 100-109.
7. Блохина, Н. А. Тарорское месторождение [Текст] / Н. А. Блохина, Б. Я. Вихтер // Золоторудные месторождения СССР. Геология золоторудных месторождений Казахстана и Средней Азии. – Т. 3. – М.: ЦНИГРИ, 1986. – С. 207–212.
8. Буряк, В. А. Металлогения золота [Текст] / В. А. Буряк, Ю. И. Бакулин; Дальневост. отд. РАН, Инст. комплексн. анализа регион. проблем. – Владивосток: Дальнаука, 1998. – 403 с.
9. Васильев, Б. Д. Распределение золота в скарнах Натальевского месторождения [Текст] / Б. Д. Васильев // Известия Томского политехнического института. – 1970. – Том 239. – С. 216–219.
10. Вахрушев, В. А. Минералогия, геохимия и генетические группы контактово-метасоматических железорудных месторождений Алтае-Саянской области. – М.: Наука, 1965.
11. Вахрушев, В. А. Минералогия, геохимия и образование месторождений скарново-золоторудной формации [Текст] В. А. Вахрушев; АН СССР, Сибирское отделение, Институт геологии и геофизики. – Новосибирск: Сиб. отделение изд-во Наука, 1972. – 238 с.
12. Ворошилов, В. Г. Методика выявления структуры аномальных геохимических полей рудных месторождений [Текст] / В. Г. Ворошилов // Известия Томского политехнического университета. – 2004. – Т.307. – № 2. – С. 55–61.
13. Ворошилов, В. Г. Геохимическая зональность месторождений Лебединского типа / В. Г. Ворошилов, Г. Ю. Боярко, Е. И. Бирюков // Известия Томского политехнического университета. – 2004. – Т.307. – № 3. – С. 43–46.
14. Ворошилов, В. Г. Механизм формирования аномальных структур геохимических полей гидротермальных месторождений золота [Текст] / В. Г. Ворошилов // Известия Томского политехнического университета. – 2005. – Т. 308. - № 2. – С. 31-36.

15. Ворошилов, В. Г. Геохимическая зональность скарново-золоторудных месторождений Западной Сибири. Ч. 2. / В. Г. Ворошилов // Известия Томского политехнического университета. – 2007. – Т.310. – № 2. – С. 13–17.
16. Ворошилов, В. Г. Количественная оценка параметров аномального геохимического поля и прогноз золотого оруденения [Текст] / В. Г. Ворошилов, Т. В. Тимкин // Известия Томского политехнического университета. – 2007. – Т. 310.– № 2. – С. 17–22.
17. Ворошилов, В. Г. Поисковая геолого-геохимическая модель золото-скарновых месторождений Южной Сибири [Текст] / В. Г. Ворошилов // Разведка и охрана недр. – 2009. – №5. – С. 37–41.
18. Гаськов, И. В. Новые данные о соотношении скарновой и золоторудной минерализации на Тарданском месторождении (Северо-Восточная Тува) [Текст] / И. В. Гаськов // Геология и геофизика. – 2008. – т. 49. – №12. – С. 1227–1237.
19. Гаськов, И. В. Стадийность и длительность формирования золоторудной минерализации на медно-скарновых месторождениях (Алтае-Саянская складчатая область) [Текст] / И. В. Гаськов, А. С. Борисенко, В. В. Бабич, Е. А. Наумов // Геология и геофизика. – 2008. – т. 51. – №10. – С. 1399–1412.
20. Гусев, А. И. Геология и золото-медно-скарновое оруденение Синюхинского рудного поля в Горном Алтае [Текст] / Н. И. Гусев, А. И. Гусев // Руды и металлы. – 1998. –№2. –С. 79-89.
21. Гусев, А.И. Металлогения золота Горного Алтая и Южной части Горной Шории [Текст] /А.И.Гусев; Мин-во образования РФ, Томский политехнич. унив. – Томск: STT, 2003. – 308 с.
22. Гусев, А. И. Перспективы Солонешенского рудного узла Алтая на золото-черносланцевое оруденение [Текст] / А. И. Гусев, Н. И. Гусев // Современные наукоемкие технологии. – 2010. – №10. – С. 28–32.
23. Гусев, А. И. Золотогенерирующие гранитоиды Топольнического ареала Горного Алтая возраст, петрология и геохимия [Текст] / А. И.Гусев, Н. И. Гусев, А. С. Красова, Е. М. Табакаева // Современные наукоемкие технологии. – 2012. – №1. – С. 8–12.
24. Гусев, А. И. Золото-порфировое оруденение Черемуховой Сопки Синюхинского рудного поля (Горный Алтай) [Текст] / А. И. Гусев // Современные наукоемкие технологии. – 2013. – №1. – С. 94–98.
25. Гусев, А. И. Петрология и рудоносность магмо-рудно-метасоматических систем Солонешенского рудного района Алтая: монография[Текст] /А. И. Гусев, Н. И. Гусев, Е. М. Табакаева, Е. А. Дзагоева, М. А. Кукоева; Бийск: Алтайская гос. акад. обр. им. В.М. Шукшина, 2013.– 205 с.
26. Гусев, А. И. Типизация золото-содержащих скарновых объектов Горного Алтая [Текст] / А. И. Гусев // Успехи современного естествознания. – 2013. – №11. – С. 108–112.
27. Гусев, А. И. Золото медно-скарновое оруденение Солонешенского района Горного Алтая [Текст] / А. И. Гусев, В. Н. Ларцев // Современные наукоемкие технологии. – 2013. –№6. – С. 19–20.
28. Гусев, А. И. Золото медно-скарновое оруденение Ульменского месторождения Горного Алтая [Текст] / А. И. Гусев // Современные наукоемкие технологии. – 2013. –№5. – С. 111–115.
29. Гусев, А. И. Золотое оруденение Тарданского рудного узла Восточной Тувы [Текст] / А. И. Гусев// Современные наукоемкие технологии. – 2014. – №3. – С. 77–81.
30. Гусев, Н. И. Золотогенерирующие рудно-магматические системы Горного Алтая [Текст] / Н. И. Гусев, А. И. Гусев // Руды и металлы. – 1998. –№2. –С. 67-78.
31. Гусев, А. И. Золотоносные щелочные магматические комплексы [Текст] / А. И. Гусев // Успехи современного естествознания. – 2012. – №9. – С. 47–52.

32. Гусев, Н. И. Гиперсольвусные и трансольвусные анорогенные гранитоиды Солонешенского рудного района Горного Алтая [Текст] / Н. И. Гусев, А. И. Гусев // Современные наукоемкие технологии. – 2013. – №5. – С. 105 – 110.
33. Гусев А.И. Интрузивный магматизм Синюхинского золоторудного узла // Геология и геофизика, 1994, №11, с.28-40.
34. Двуреченская, С. С. Новые данные о самородном золоте в составе рудных минералов Синюхинского золото-скарнового месторождения [Текст] / С. С. Двуреченская // Руды и металлы. – 2010. – №5. – С. 54–63.
35. Емкужев, А. С. Новый тип золото-скарнового оруденения на Северном фланге Тырнаузского рудного узла (Кабардино-Балкарская республика) / А. С. Емкужев, М. С. Емкужев, С. Г. Парада, В. В. Столяров // Научно-методические основы прогноза, поисков и оценки месторождений благородных, цветных металлов и алмазов – состояние и перспективы. Сборник тезисов докладов научно-практической конференции. / Центр. научно-исслед. геологоразведочный институт цветных и благородных металлов. – Москва, 2016. – С. 89.
36. Жариков, В.А. Скарновые месторождения [Текст] / В.А. Жариков // Генезис эндогенных рудных месторождений. – М.: Недра, 1968. – С. 220–302.
37. Жариков, В.А. Типоморфные минералы и минеральные ассоциации скарнов / В. А. Жариков, Д. К. Власова, Н. Н. Перцев // Типоморфизм минералов и его практическое значение. – М.: Недра, 1972. – С. 194–201.
38. Звягинцев, О. Е. Геохимия золота [Текст] / О. Е. Звягинцев; АН СССР, Инст. общей и неорг. химии. – М. – Л.: Изд. АН СССР, 1941. – 114 с.
39. Зубков, Ю. Д. О морфологических особенностях скарново-железородных месторождений Горной Шории и отношении их к интрузивам [Текст] / Ю. Д. Зубков, Н. И. Соколова // Труды Сибирского научн.-исслед. института геологии, геофизики и минерального сырья. Серия: закономерности размещения и образования полезных ископаемых. Морфогенез и зональность интрузивов и связанных с ними золоторудных, железородных и полиметаллических месторождений Сибири. – Новосибирск, 1968. – Вып. 74. – С. 103–111.
40. Золоторудные месторождения СССР. Формации, закономерности размещения, перспективная оценка [Текст] / Мин-во геологии СССР, Центр. науч.-исслед. геологоразведочн. ин-т. цвет. и благород. металлов. / под. ред. В. А. Нарсеева, Н. А. Фогельман. – Т. 5. – М.: ЦНИГРИ, 1990. – 172 с.
41. Золоторудные месторождения России [Текст] / отв. ред. М. М. Константинов. – М.: Акварель, 2010. – 349 с.
42. Инструкция по геохимическим методам поисков [Текст] / С. В. Григорян, А. П. Соловов, А. П. Кузин. – Министерство геологии СССР. – М.: Недра, 1983. – 191 с.
43. Константинов, М.М. Многофакторные поисковые модели золоторудных месторождений [Текст] / М.М. Константинов, В.А. Нарсеев. – М.: ЦНИГРИ, 1989. – 119 с.
44. Константинов, М. М. Золоторудные провинции Мира [Текст] / М. М. Константинов. – М.: Научный мир, 2006. – 358 с.
45. Коробейников, А. Ф. Геохимические критерии золотоносности контактовых метасоматитов гранитоидных интрузий Сибири [Текст] / А. Ф. Коробейников // Советская геология. – 1976. – 12 декабря. – С. 37–50.
46. Коробейников, А. Ф. Закономерности проявления золотого оруденения в геолого-геохимических и физических полях контактовых ореолов гранитоидных интрузий [Текст] / А. Ф. Коробейников, Г. Г. Номоконова, Л. Я. Ерофеев // Геология рудных месторождений. – 1987. – № 2. – С. 58–70.

47. Коробейников, А. Ф. Поведение золота в магматических и метасоматических процессах [Текст] / А.Ф. Коробейников // Советская геология. – 1988. – № 12. – С. 31–40.
48. Коробейников, А. Ф. Закономерности формирования месторождений золото-скарновой формации [Текст] / А. Ф. Коробейников, И. А. Зотов. – Томск: Изд-во Томского политехнического университета, 2006. – 235 с.
49. Коробейников, А. Ф. Распределение платины и палладия в скарново-магнетитовых рудах Казского месторождения [Текст] / А. Ф. Коробейников, В. Н. Санин // Проблемы золотоносности Южной Сибири. Материалы научно-практической конференции, посвященной столетию горно-геологического образования в Сибири и десятилетию деятельности научно-производственного объединения Тетис. – Новокузнецк, 2001. – С. 73–79.
50. Коробейников, А.Ф. Научные основы прогнозно-минералогических и поисковых исследований на благороднометалльное оруденение [Текст] / А. Ф. Коробейников // Известия Томского политехнического университета. – 2011. – Том. 318. – № 1. – С.14–22.
51. Коржинский, Д. С. Очерк метасоматических процессов [Текст] / Д. С. Коржинский // Основные проблемы в учении о магматогенных рудных месторождениях. – М.: Изд. АН СССР, 1955. – С. 335–546.
52. Коржинский, Д. С. Теория метасоматической зональности [Текст] / Д. С. Коржинский. – М.: Наука, 1969. – 108 с.
53. Коротких, С.А. Геолого-структурные критерии локализации золотого и волластонитового оруденения Синюхинского рудного поля (Горный Алтай) [Текст] / С.А. Коротких, В.Г. Ворошилов // Известия Томского политехнического университета. – 2011. – Том 319. – №1. – С. 58–63.
54. Логвиненко, О. В. Перспективы поисковых работ на золото в пределах Топольнинского рудного поля (Горный Алтай) [Текст] / О.В. Логвиненко // Проблемы геологии и освоения недр: Труды XVII Международного симпозиума студентов, аспирантов и молодых ученых. / Томский политехнический университет. – Томск, 2012. – С. 206–208.
55. Лодочников, В. Н. Главнейшие порообразующие минералы [Текст] / В. Н. Лодочников. – Изд. 5-е, испр. и доп. – М.: Недра, 1974. – 248 с.
56. Лузгин, В. Н. Характер и особенности минералогической зональности Синюхинского золоторудного поля (Горный Алтай) [Текст] / В.Н. Лузгин // Труды ЗСОВМО. Магматизм, литология и вопросы рудоносности Сибири. – 1974. – вып. 1. – С. 128–135.
57. Металлогенический кодекс России [Текст] / А. И. Кривцов, Г. В. Ручкин, А. Ф. Карпузов и др.; гл. ред. Н. П. Лаверов, А. Ф. Морозов. – М.: Геокарт-Геос, 2012. – 126 с.
58. Метасоматизм и метасоматические породы [Текст] / Коллектив авторов; РАН, Институт геологии рудных месторождений, петрографии, минералогии и геохимии, секция по метасоматизму при совете по рудообразованию и металлогении ОГГГГН РАН / отв. ред. акад. В. А. Жариков, В. Л. Русинов. – М.: Научный мир, 1998. – 492 с.
59. Минералы. Справочник [Текст] / АН СССР, Институт геологии рудных месторождений, петрографии, минералогии и геохимии. / гл. ред. Ф. В. Чухров. – М.: Изд. Академии Наук СССР, 1960. – 617 с.
60. Николаев С. С., Золоторудные месторождения Синюхинского рудного поля в Горном Алтае [Текст] / С. С. Николаев, Е. М. Неверович // Сборник материалов по геологии цветных, редких и благородных металлов. – Вып. 3. – 1958. – С. 43–54.
61. Николаева, Л. А. Проба эндогенного золота [Текст] / Н. В. Петровская // Самородное золото и золоторудные минеральные ассоциации: Труды ЦНИГРИ. – 1979. – Вып. 143. – С. 3–15.

62. Николаева, Л. А. Типоморфные особенности самородного золота и их использование при геологоразведочных работах [Текст] / Л. А. Николаева, С. В. Яблокова // Руды и металлы. – 2007. – №6. – С. 41–57.
63. Николаева, Л.А. Самородное золото рудных и россыпных месторождений России: атлас [Текст] / Л. А. Николаева, А. М. Гаврилов, А. Н. Некрасова, С. В. Яблокова, Л. В. Шатилова; Мин-во природ. ресурсов и экол. РФ, Федер. агентство по недропользованию, Центр. науч.-исслед. геологоразведочн. ин-т. цвет. и благород. металлов. – 2-е изд., перераб. и доп. / отв. ред. Б. К. Михайлов. – М.: Акварель, 2015. – 200 с.
64. Окулов, А.В. Геологическое строение и позиция золоторудных проявлений Топольнинского рудного поля, Алтайский край [Текст] / А. В. Окулов, В.А. Рожченко // Руды и металлы. – 2015. – №4. – С.13–25.
65. Окулов, А.В. Минералого-геохимическая характеристика золоторудных проявлений Топольнинского рудного поля [Текст] / А. В. Окулов, Л. В. Шатилова, В. А. Рожченко // Руды и металлы. – 2016. – №1. – С.52–62.
66. Окулов, А.В. Позиция и минералого-геохимическая характеристика золотого оруденения Топольнинского рудного поля [Текст] / А. В. Окулов, В.А. Рожченко, Ю.А. Туркин // Геология, геофизика и минеральное сырье Сибири. Материалы 2 научно-практической конференции. / Сибирский научно-исследовательский институт геологии, геофизики и минерального сырья. – Новосибирск, 2015. – Том 1. – С. 184 – 185.
67. Окулов, А.В. Позиция, геологическое строение и минералого-геохимическая характеристика золоторудных проявлений Топольнинского рудного поля (Алтайский край) [Текст] / А. В. Окулов // Научно-методические основы прогноза, поисков и оценки месторождений благородных, цветных металлов и алмазов – состояние и перспективы. Сборник тезисов докладов научно-практической конференции. / Центр. научно-исслед. геологоразведочный институт цветных и благородных металлов. – Москва, 2016. – С. 47.
68. Окулов, А.В. Типизация золоторудных проявлений Топольнинского рудного поля (Алтайский край) [Текст] / А. В. Окулов // Материалы XXIII научной молодежной школы «Металлогения древних и современных океанов–2017. Дифференциация и причины разнообразия рудных месторождений». 24–28 апреля 2017 г. / Миасс: Институт минералогии УрО РАН. – 2017. С. 159–163. – Библиогр.: с. 163.
69. Окулов, А.В. Геолого-поисковая модель наиболее перспективного типа золоторудных проявлений Топольнинского рудного поля [Текст] / А. В. Окулов // Материалы XXIII научной молодежной школы «Металлогения древних и современных океанов–2017. Дифференциация и причины разнообразия рудных месторождений». 24–28 апреля 2017 г. / Миасс: Институт минералогии УрО РАН. – 2017. С. 164–167. – Библиогр.: с. 167.
70. Окулов, А.В. Геолого-поисковые модели золоторудных проявлений Топольнинского рудного поля [Текст] / А. В. Окулов // XIII международная научно-практическая конференция «Новые идеи в науках о Земле». 5–7 апреля 2017 г. / М: РГГРУ. – 2017. С. 272–273. – Библиогр.: с. 273.
71. Окулов, А.В. Геолого-поисковая модель наиболее перспективного типа золоторудных проявлений Топольнинского рудного поля [Текст] / А. В. Окулов // Тезисы докладов научно-практической конференции «Научно-методические основы прогноза, поисков и оценки месторождений благородных, цветных металлов и алмазов – состояние и перспективы». 13–14 апреля 2017 г. / М: ЦНИГРИ. – 2017. – С. 87 – 88.
72. Омеляненко, Б. И. Околорудные гидротермальные изменения пород [Текст] / Б. И. Омеляненко. – М.: Недра, 1978. – 215 с.

73. Оценка прогнозных ресурсов алмазов, благородных и цветных металлов. Методическое руководство [Текст] / Б. И. Беневольский, Е. В. Блинова, А. В. Бражник, С. С. Вартамян и др.; гл. ред. А. И. Кривцова. – М.: ЦНИГРИ, 2002. – 182 с.
74. Петровская, Н. В. Минеральные ассоциации в золоторудных месторождениях Советского Союза [Текст] / Н. В. Петровская // Геология, закономерности размещения и методы изучения месторождений золота: Труды ЦНИГРИ. – 1967. – Вып. 76. – С. 78–109.
75. Петрография и петрология магматических, метаморфических и метасоматических пород: Учебник [Текст] / М. А. Афанасьева, Н. Ю. Бардина, О. А. Богатиков и др. – Отв. ред. В. С. Попов, О. А. Богатиков. – М.: Логос, 2001. – 768 с.
76. Платонов, А.Н. Золотоносность скарново-магнетитовых месторождений Алтае-Саянской складчатой области [Текст] / А. Н.Платонов, В. Н. Санин // Руды и металлы. –1998. – №2. – С. 57–66.
77. Половинкина Ю. Ир. Структуры и текстуры изверженных и метаморфических пород [Текст] / Ю. Ир. Половинкина; Мин-во геологии СССР, Всесоюзный научно-исследовательский геологический институт. – М.: Недра, 1966. – Ч.2. – Том II. – 272 с. – Том III. – 240 с.
78. Рафаилович, М.С. Золотоносные скарны Центральной Азии [Текст] / М. С. Рафаилович, С. И. Шевчук // Геология и охрана недр. – 2010. – № 1. – С. 23–34.
79. Рослякова, Н. В. Состав золота в скарнах Синюхинского рудного поля, Алтай [Текст] / Н. В. Рослякова, Ю. Г. Щербаков // Геохимия. 1999. – №1. – С. 25–33.
80. Рузаев, Р. В. Геологическое строение Топольнинского золоторудного поля [Текст] / Р. В. Рузаев, Т. В. Тимкин // Проблемы геологии и освоения недр: Труды VII Международного симпозиума студентов, аспирантов и молодых ученых. / Томский политехнический университет. – Томск, 2003. – С. 61–62.
81. Савинова, О. В. Условия формирования и прогнозно-поисковые критерии золотого оруденения в Топольнинском рудном поле (Горный Алтай): дис. ...канд. геол.-минер. наук: 25.00.11 / Савинова Олеся Вячеславовна. – Томск, 2014. – 102 с.
82. Савинова, О. В. Условия формирования и прогнозно-поисковые критерии золотого оруденения в Топольнинском рудном поле (Горный Алтай): автореф. дис. ...канд. геол.-минер. наук: 25.00.11 / Савинова Олеся Вячеславовна. – Томск, 2014. – 20 с.
83. Санин, В. Н. Модель золоторудных проявлений в структурах Майско-Лебедской площади, Республика Алтай [Текст] / В. Н. Санин // Руды и металлы. – 2009. – №4. – С. 42–54.
84. Сараев, В. А. Геология и металлоносность Лебедской скарновой зоны (Горная Шория) [Текст] / В. А. Сараев // Известия Томского политехнического института. – 1968. – Том 134. – С. 141–145.
85. Семенцов, Б. Г. Стадийность золотооруденения Топольнинского рудного поля на севере Горного Алтая [Текст] / Б.Г. Семенцов // Природные ресурсы Горного Алтая. – 2004. – №1. – С. 27–31.
86. Скарновые месторождения [Текст] / Ордена Трудового Красного Знамени Институт геологии рудных месторождений, петрографии, минералогии и геохимии. / отв. ред. акад. Д. С. Коржинский; АН СССР. – М: Наука, 1985. – 248 с.
87. Столбова, Н. Ф. Контактный ореол Чанышской интрузии [Текст] / Н. Ф. Столбова // Известия Томского политехнического института. – 1970. – Том 185. – С. 52–55.
88. Столбова, Н. Ф. Структурная характеристика Лебедского скарнового месторождения [Текст] / Н. Ф. Столбова // Известия Томского политехнического института. – 1970. – Том 239. – С.313–317.
89. Столбова, Н. Ф. Рудная минерализация Лебедской скарновой зоны [Текст] / Н. Ф. Столбова // Известия Томского политехнического института. – 1971. – Том 217. – С. 178–173.

90. Столяров, В. В. Состав, условия локализации и поисковые признаки оруденения золото-скарнового типа Северного фланга Тырныаузского рудного поля (Кабардино-Балкарская республика): дис. ...канд. геол.-минер. наук: 25.00.11 / Столяров Владимир Владимирович. – Ростов-на-Дону, 2015. – 172 с.
91. Столяров, В. В. Состав, условия локализации и поисковые признаки оруденения золото-скарнового типа Северного фланга Тырныаузского рудного поля (Кабардино-Балкарская республика): автореф. дис. ...канд. геол.-минер. наук: 25.00.11 / Столяров Владимир Владимирович. – Ростов-на-Дону, 2015. – 24 с.
92. Смирнов, В. И. Геология полезных ископаемых [Текст] / В.И. Смирнов. – М.: Недра, 1982. – 669 с.
93. Стороженко, А. А. Натальевское месторождение [Текст] / А. А. Стороженко // Золоторудные месторождения СССР. Геология золоторудных месторождений Западной и Восточной Сибири. – Т. 3. – М.: ЦНИГРИ, 1986. – С. 55–60.
94. Тарасов В. А. Геофизические методы при поисках золоторудной минерализации на флангах Тырныаузского рудного узла [Текст] / В. А. Тарасов, М. С. Емкужев, С. Г. Парада, В. В. Столяров // Вестник ВГУ. Серия: геология. – 2015. – № 1. – С. 109-117.
95. Тверитинов, Ю. И. Структурные условия локализации руд скарнового типа на примере скарновых месторождений Горного Алтая [Текст] / Ю. И. Тверитинов // Проблемы образования рудных столбов. Материалы симпозиума. / Сибирский научно-исслед. институт геологии, геофизики и минерального сырья. – Новосибирск, 1972. – С. 156–160.
96. Тимкин, Т. В. Эндогенная рудно-метасоматическая зональность Майско-Лебедского золоторудного поля [Текст] / Т. В. Тимкин // Известия Томского политехнического университета. – 2012. – Том 320. – №1. – С. 55–63.
97. Тимкин, Т. В. Особенности геохимической зональности рудопроявления «Чертова Яма» Топольнинского золоторудного поля (Алтайский край) [Текст] / Т. В. Тимкин, О. В. Логвиненко // Интерпретация и оценка разноранговых рудогенных геохимических аномалий в сложных ландшафтно-геологических условиях : материалы конференции. /ИМГРЭ. – Москва, 2013. – Стр. 39–40.
98. Тимкин, Т. В. Эндогенная зональность гидротермальных образований Майско-Лебедского золоторудного поля (Горная Шория): автореф. дис. ...канд. геол.-минер. наук: 25.00.11 / Тимкин Тимофей Васильевич. – Томск, 2014. – 21 с.
99. Тимкин, Т. В. Эндогенная зональность гидротермальных образований Майско-Лебедского золоторудного поля (Горная Шория): дис. ...канд. геол.-минер. наук: 25.00.11 / Тимкин Тимофей Васильевич. – Томск, 2014. – 21 с.
100. Типоморфизм самородного золота. Методические рекомендации для геологоразведочных работ [Текст] / Л. А. Николаева, А. М. Гаврилов, А. Н. Некрасова, С. В. Яблокова, Л. В. Шатилова; под. ред. А. И. Кривцова, С. С. Вартапяна. – М.: ЦНИГРИ, 2003. – 70 с.
101. Шахов, Ф. Н. Геология контактовых месторождений [Текст] / Ф. Н. Шахов // Труды института геологии и геофизики. – 1976. – Вып. 280. – 133 с.
102. Шмотов, А.П. Скарны Западного Забайкалья и их рудоносность [Текст] / А. П. Шмотов, Н. И. Рафиенко // Труды первого совещания по металлогении Западного Забайкалья. – Иркутск, 1958. – С.297–305.
103. Черных, А.И. Геолого-минерагеническое картирование на золото масштаба 1:500 000 северо-западной части Алтае-Саянской складчатой области (задачи, методика, результаты) [Текст] / А. И. Черных // Известия Томского политехнического института. – 2009. – Том 314. – №1. – С. 16–22.

104. Шмотов, А. П. Столбообразные скарновые тела в Джидинском рудном районе [Текст] / А. П. Шмотов // Труды Бурят. компл. научн.-исслед. института СО АН СССР. – Улан-Уде. – 1960. – С.104–108.
105. Щербаков, Ю. Г. Золоторудные столбы в скарнах Синюхинского месторождения [Текст] / Ю. Г. Щербаков, Н. В. Рослякова // Проблемы образования рудных столбов. Материалы симпозиума. / Сибирский научно-исслед. Институт геологии, геофизики и минерального сырья. – Новосибирск, 1972. – С. 160–165.
106. Щербаков, Ю. Г. Геохимия золоторудных месторождений в Кузнецком Алатау и Горном Алтае [Текст] / Ю. Г. Щербаков // Труды института геологии и геофизики. – 1974. – Вып. 56. – С. 47 – 58.
107. Япаскерт, О. В. Литология: учебник для студентов высших учебных заведений [Текст] / О. В. Япаскерт. – М.: Издательский центр Академия, 2008. – 336 с.
108. Theodore, T. G. Gold-bearing skarns / T. G. Theodore, G. J. Orris, J. M. Hammarstrom, J. D. Bliss // US Geological Survey Bulletin. – 1991. – №1930. – P. 1–61.
109. Ettliger A.D. Copper-gold skarn mineralization at the Veselyi Mine Siniukhinskoe District, Siberia, USSR / A.D. Ettliger, L.D. Meinert // Economic Geology. –1991. – Vol. 86. P. 185–194.

#### Фондовая

110. Анализ золотоносности территории ЯНАО, сопровождаемый поисково-реvisionsными работами на перспективных участках: Отчет по теме № 29 [Текст и графические приложения] / А. Г. Волчков, А. Н. Барышев, А. А. Черемисин и др. – Москва, 2001. – Книга 1. – Текст отчета.
111. Геологическая карта Российской Федерации масштаба 1:200 000. Изд. 2-е. Серия Алтайская. Лист М–45–III (Чемал) [Карты и пояснительная записка] / Ю. А. Туркин, А. И. Гусев, С. И. Федак, А. И. Русанов, Н. М. Николенко, Г. А. Поважук, Л. П. Карабицина. – СПб.: Изд. Картфабрики ВСЕГЕИ. – 2001. – 194 с.
112. Геологическая карта Российской Федерации масштаба 1:200 000. Изд. 2-е. Серия Алтайская. Лист М–45–I (Солонешное) [Карты и пояснительная записка] / В.А. Кривчиков, С.И. Федак, Г.А. Поважук. – СПб.: Изд. Картфабрики ВСЕГЕИ. – 2001. – 104 с.
113. Геологическая карта СССР масштаба 1:200000. Серия Западно-Саянская. Лист М–46–VII [Карты и пояснительная записка] / В.Б. Агентов, В.В. Агентова, О.А. Семенова. – М.: Госгеолтехиздат. – 1960. – 104 с.
114. Геологическое строение и золотоносность Топольнинского рудного поля в Горном Алтае: Отчет о поисках в Топольнинском рудном поле и поисково-оценочных работах на участках Лог-26, Баяниха и Сухая Грива, проведенных в 1996 – 2001 гг. [Текст и графические приложения] / В.С. Рузаев, Б.Г. Семенцов, Н.П. Бедарев и др. – Малоенейское, 2002.
115. Геологическое строение и полезные ископаемые Синюхинского рудного поля в северо-восточной части Горного Алтая: Отчет Синюхинской партии о результатах работ на рудное золото, проведенных в 1987-1993 годах в центральной и юго-восточной частях рудного поля в Горном Алтае [Текст и графические приложения] / А. И. Гусев, О. С. Корольченко, Л. В. Алабин и др. – Новокузнецк, 1993.
116. Изучение вещественного состава руд и околорудных метасоматитов золоторудных проявлений Топольнинского рудного поля (Алтайский Край): Отчет о результатах работ ФГАОУ ВО НИ ТПУ в рамках подряда по объекту: Поисковые работы на золото в пределах Топольнинского рудного поля (Алтайский Край) / В. Г. Ворошилов, Т. В. Тимкин, О. В. Савинова. – Малоенейское, 2014. – Книга 2.

117. Крупномасштабное прогнозирование в Синюхинском рудном поле масштаба 1:5000: Отчет о НИР / В. Г. Ворошилов, А. И. Гусев и др. – Сейка, 1997.
118. Методическое обеспечение и сопровождение геохимических поисков при геологоразведочных работах на цветные и благородные металлы и геологоразведочных работ на редкие металлы и сурьму, выполняемых за счет средств Федерального бюджета, по воспроизводству минерально-сырьевой базы России: Отчет о результатах работ по объекту Договор № АП-71/2 за 2012-2014 гг. в рамках в рамках Государственного контракта ФГУП ЦНИГРИ №АП-01-34/71: Методическое обеспечение и сопровождение геологоразведочных работ, выполняемых за счет средств федерального бюджета по воспроизводству МСБ благородных металлов и других твердых полезных ископаемых (кроме горючих) Российской Федерации. [Текст] / Н. А. Юшко, О. В. Менчинская, С. В. Галюк и др. – Москва, 2014.
119. Методическое обеспечение и сопровождение геохимических поисков при геологоразведочных работах на цветные и благородные металлы и геологоразведочных работ на редкие металлы и сурьму, выполняемых за счет средств Федерального бюджета, по воспроизводству минерально-сырьевой базы России: Отчет о результатах работ по объекту Договор № АП-71/2 за 2012 гг. в рамках в рамках Государственного контракта ФГУП ЦНИГРИ №АП-01-34/71: Методическое обеспечение и сопровождение геологоразведочных работ, выполняемых за счет средств федерального бюджета по воспроизводству МСБ благородных металлов и других твердых полезных ископаемых (кроме горючих) Российской Федерации. [Текст] / Н. А. Юшко, О. В. Менчинская, С. В. Галюк и др. – Москва, 2014.
120. Обобщение материалов золотоносности и сереброносности Горного Алтая с целью направления поисковых работ: Отчет Алтайского тематического отряда о результатах работ [Текст и графические приложения] / А. В. Кривчиков, Л. А. Матвеева. – Новокузнецк, 1993. – Книга 1. – Текст отчета.
121. Определить минералого-геохимические и изотопно-геохимические характеристики золоторудных месторождений Синюхинское и Новогоднее-Монто: Отчет о научно-исследовательской работе по проекту ВП-20/08 / С. Г. Кряжев, С. С. Двуреченская. – Москва, 2009.
122. Основные результаты работ Ануйской геологоразведочной партии за годы 1951-1956: Отчет [Текст] / составил М. Ф. Розен. – Бийск, 1957.
123. Отчет о результатах опережающих геолого-геофизических и геохимических работ масштаба 1:200 000 в пределах Северо-Алтайского золотоносного пояса, проведенных ОАО ГАЭ в 2003-2006 годах [Текст и графические приложения] / П. Ф. Селин, Л. П. Карабицина, В. А. Кривчиков и др. – Малоенисейское, 2006.
124. Перспективы развития сырьевой базы по рудному и россыпному золоту Горного Алтая: Отчет по теме: Составление металлогенической карты по золоту Горного Алтая масштаба 1 : 500 000 и крупномасштабных карт-врезок (1 : 50 000 и 1 : 100 000) с элементами прогноза [Текст и графические приложения] / В. В. Сыроватский, Я. Я. Ржиго. – Новокузнецк, 1980. – Книга 1. – Текст отчета.
125. Петрографическое описание пород золото-скарнового месторождения Синюхинское (Горный Алтай): Отчет по договору № 023д. / С. С. Двуреченская. – Москва, 2008.
126. Поисково-оценочные работы на Восточных участках Синюхинского рудного поля (отчет Синюхинской партии за 1985-1990 годы [Текст и графические приложения] / О. С. Днепровский О. С. Корольченко, О. И. Милькина и др. – Новокузнецк, 1990.
127. Поисково-оценочные работы на выявленных золоторудных объектах Майско-Лебедского рудного узла (Республика Алтай): Отчет ООО Тетис-Т за 2004-2007 годы [Текст и графические приложения] / А. Н. Платонов, С. Д. Башев, В. Г. Огнев и др. – Новокузнецк, 2008.

128. Поисковые работы на золото в пределах Топольнинского рудного поля (Алтайский Край): Отчет о результатах работ за 2012–2014 гг. [Текст и графические приложения] / В. А. Рожченко, Л. П. Карабицина, С. А. Котенко, А. М. Мусаев и др. – Малоенисейское, 2014. – Книга 1. – Текст отчета.

129. Результаты комплексной аэромагнитной и аэрогамма-спектрометрической съемки масштаба 1 : 25 000, проведенной Аэрогеофизической партией на Белокурихинском участке в 1982-1985 гг. [Текст и графические приложения] / Н. Ф. Мамонтов, В. Н. Шемендюк. – Новокузнецк, 1985.