

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

АВТОРЕФЕРАТ
диссертации на соискание ученой степени
кандидата геолого-минералогических наук

Москва — 2017

Работа выполнена в Федеральном государственном унитарном предприятии «Центральный научно-исследовательский геологоразведочный институт цветных и благородных металлов» (ФГУП ЦНИГРИ)

Научный руководитель: Новиков Вячеслав Петрович, доктор геолого-минералогических наук

Официальные оппоненты: Аристов Василий Васильевич
Кандидат геолого-минералогических наук,
ведущий научный сотрудник лаборатории рудных месторождений ИГЕМ РАН

Проскурнин Василий Федорович
Доктор геолого-минералогических наук,
Заведующий отделом региональной геологии и полезных ископаемых Восточных районов России
ФГБУ ВСЕГЕИ

Ведущая организация: Акционерное общество «Сибирский научно-исследовательский институт геологии, геофизики и минерального сырья» (АО «СНИИГГиМС»)

Защита состоится «12» сентября 2017 г., в 11 часов 00 минут на заседании диссертационного совета Д 216.016.01 на базе Федерального государственного унитарного предприятия «Центральный научно-исследовательский геологоразведочный институт цветных и благородных металлов» (ФГУП ЦНИГРИ)

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

С диссертацией можно ознакомиться в геолфонде ФГУП ЦНИГРИ (по адресу: г. Москва, Варшавское шоссе, д. 129, корп. 1) и на сайте Федерального государственного унитарного предприятия «Центральный научно-исследовательский геологоразведочный институт цветных и благородных металлов» http://www.tsnigri.ru/disser/okulov/Okulov_dis.pdf

Автореферат разослан «__» июля 2017 г.

Ученый секретарь диссертационного совета



Кряжев С.Г.

ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАБОТЫ

Актуальность проблемы.

Планомерное изучение геологического строения и золотоносности Топольнинского рудного поля было начато в 50-х годах XX века при проведении геолого-съемочных, 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 ГРП 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 ИМ-ГРЭ, 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 ГРП.

Защищаемые положения

1. «Золоторудные объекты локализованы в экзоконтакте массивов гранитоидов в двух геологических обстановках: в области крутопадающего контакта массива с терригенно-карбонатной толщей, осложненной «дугowymi» 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 керн 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, минералогическими 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 экзоконтактных 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 экзоконтактных 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 керна 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 золотонос-

ных 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. Шагиловой 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.

ОСНОВНОЕ СОДЕРЖАНИЕ РАБОТЫ

Глава 1. Геологическое строение Топольнинского рудного поля.

Топольнинское рудное поле расположено в центральной части Западно-Горноалтайской складчатой системы каледонид, в пределах Ануйского тектонического блока, рассматриваемого как область проявления вулканоплутонических ас-

социаций девонского возраста. Результаты геологического изучения, проводившегося в пределах рудного поля с 50-х гг. XX в., отражены в многочисленных публикациях и фондовых материалах (Розен, 1957; Рузаев и др., 2002; Бедарев, Гусев, 1998; Рузаев, Тимкин, 2003; Семенцов, 2004; Гусев, 2006; Гусев, 2013; Рожченко и др., 2014; Юшко и др., 2014; Ворошилов и др., 2014; Савинова О.В., 2014). В то же время, некоторые вопросы геологического строения рудного поля, его проявлений и месторождений остались недостаточно изученными.

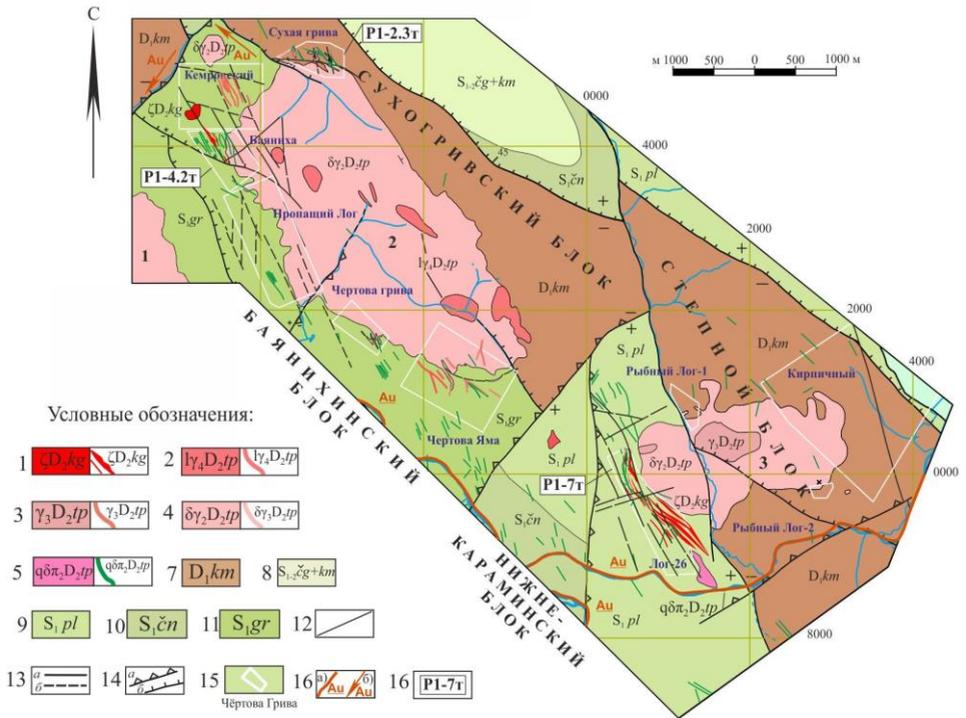
Рудное поле (50 км²) расположено в северо-западной части сложно построенного тектоно-магматического поднятия центрального типа, сформировавшегося в связи с внедрением массивов гранитоидов габбро-гранодиорит-гранитовой топольнинской ассоциации (D₂) в карбонатно-терригенные отложения раннего силура (громотухинская серия нерасчлененная, полатинская свита) и раннего девона (камышенская свита).

Осадочная толща (S₁-D₁) расчленена на линейно-вытянутые, сложенные разновозрастными карбонатно-терригенными отложениями блоки северо-западного простирания, что соответствует ориентировке доминирующей системы разрывных нарушений. В пределах этих блоков осадочные отложения имеют преимущественно субвертикальное, крутое юго-западное и северо-восточное падение.

Разрывные нарушения отнесены к двум основным группам (Рис. 1). Наиболее широко представленные северо-западные принадлежат к системе региональных разрывов, определяющих главные элементы геологического строения Ануйского тектонического блока. Эта система нарушений в сочетании с северо-восточной, рассматриваемой в составе Сарасинско-Инской зоны, определяет границы рудного поля и его блоковое строение, а также определяет ориентировку массивов гранитоидов и контролирует размещение даек «пестрого» состава.

Магматические образования рудного поля представлены более ранним ограниченно проявленным куюганским риолит-дацит-андезитовым комплексом (D₂) и более поздней топольнинской габбро-гранодиорит-гранитной ассоциацией (D₂). Первый образует дайки, реже штоки дацитов и плагиориолитов, вторая формирует два массива – северный (Топольнинский), сложенный гранодиоритами второй фазы, и южный (Караминский), центральная часть которого сформирована гранитами третьей фазы, а краевые – кварцевыми диоритами и гранодиоритами второй фазы.

Топольнинский массив вытянут в северо-западном направлении, согласно ориентировке региональной системы разрывов, Караминский – в субширотном, однако ориентировка его апофиз также подчеркивает ориентировку основной северо-западной системы разрывов. Внедрение массивов происходило вдоль контакта нижнедевонских и нижнесилурийских отложений по тектоническим зонам, определяющим границы разновозрастных толщ (Рис.1). В рудном поле широко распространены дайки «пестрого» состава (гранит-порфиры, гранодиорит-порфиры, кварцевые диоритовые порфириты и др.), относящиеся к топольнинской ассоциации. Дайки сконцентрированы в тектонически ослабленных зонах, осложняющих контакты массивов гранитоидов, единичные тела лейкогранитов – в центральных



1 - Куяганский комплекс риолит-дацит-андезитовый. Дайки и штоки риолитов, плагиориолитов, дацитов, плагиодацитов; **2-5** - Топольнинская ассоциация габбро-гранодиорит-гранитовая; **2** - Четвёртая фаза: лейкограниты и их дайки, **3** - Третья фаза: граниты, дайки гранит-порфиры; **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** - Палатинская 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 золота; **15** – контуры золоторудных объектов **16** - а) россыпи золота по рр. Карамы и Ануй; б) потоки рассеяния золота; **17** - прогнозные ресурсы золота категории P_1 , т.

Рис. 1. Схематическая геолого-тектоническая карта Топольнинского рудного поля (по Рожченко и др., 2014, с использованием данных Юшко и др., 2014 с изменениями и дополнениями автора).

частях последних. Доминирующее северо-западное простирание даек обусловлено ориентировкой региональных тектонических нарушений района. Дайки наиболее

ранней первой фазы представлены редкими телами долеритов. Наиболее широко распространены дайки второй фазы, представленные диоритовыми порфиритами и гранодиоритами. В меньшей степени проявлены дайки третьей фазы, представленные гранит-порфирами, и четвертой фазы, представленные лейкогранитами.

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, вероятно, после наиболее поздней четвертой фазы.

В области экзоконтакта массивов терригенные породы ороговикованы, карбонатные – мраморизованы и скарнированы, ширина ореолов метаморфических изменений 200–800 м.

Глава 2. Геолого-структурная позиция золоторудных объектов Топольнинского рудного поля.

Первое защищаемое положение диссертации: *«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».*

Исследования, проводившиеся в разные годы, показали, что все известные золоторудные проявления и месторождения рудного поля в целом локализованы в близкой геолого-структурной обстановке – зоне крутых экзоконтактов массивов гранитоидов, в пределах 250–350 м от последних (Рис. 1) (Окулов, 2017).

Проведенные автором исследования **позволили выделить две** принципиально отличающиеся геолого-структурные обстановки локализации золоторудных объектов. Основная часть последних (проявление Сухая Грива, Чертова Яма, Чертова Грива, Рыбный Лог-1, Рыбный Лог-2 и др.) расположена в области крутопадающего контакта массива с терригенно-карбонатной толщей, осложненной «дуговыми» и редкими линейными разрывными нарушениями различной ориентировки, контролирующими положение апофиз массива и отдельных даек. При этом в плане контакты массивов имеют линейную или дугообразную форму при конформных, секущих под острым или прямым углом взаимоотношениях с простираем пород вмещающей толщи. Весьма характерно наличие апофиз, которые, как и контакты массивов, имеют в плане согласные, или же секущие под острым или прямым углом контакты с простираем незначительно дислоцированных терригенно-карбонатных вмещающих отложений. Дайки проявлены незначительно и представлены диоритовыми порфиритами, гранодиоритами, лейкогранитами. Интенсивность

проявления скарнового процесса на этих объектах так же различная. Характерно, что при секущих контактах вмещающих пород с массивами и их апофизами скарновые тела проявлены незначительно, имеют малую мощность и протяженность (проявления Чертова Грива, Рыбный Лог-1). Наиболее благоприятны для формирования тел скарнов и скарноидов значительной мощности конформные взаимоотношения контакта и вмещающей терригенно-карбонатной толщи при значительной доле карбонатных пород в составе последней (проявления Сухая Грива, Чертова Яма).

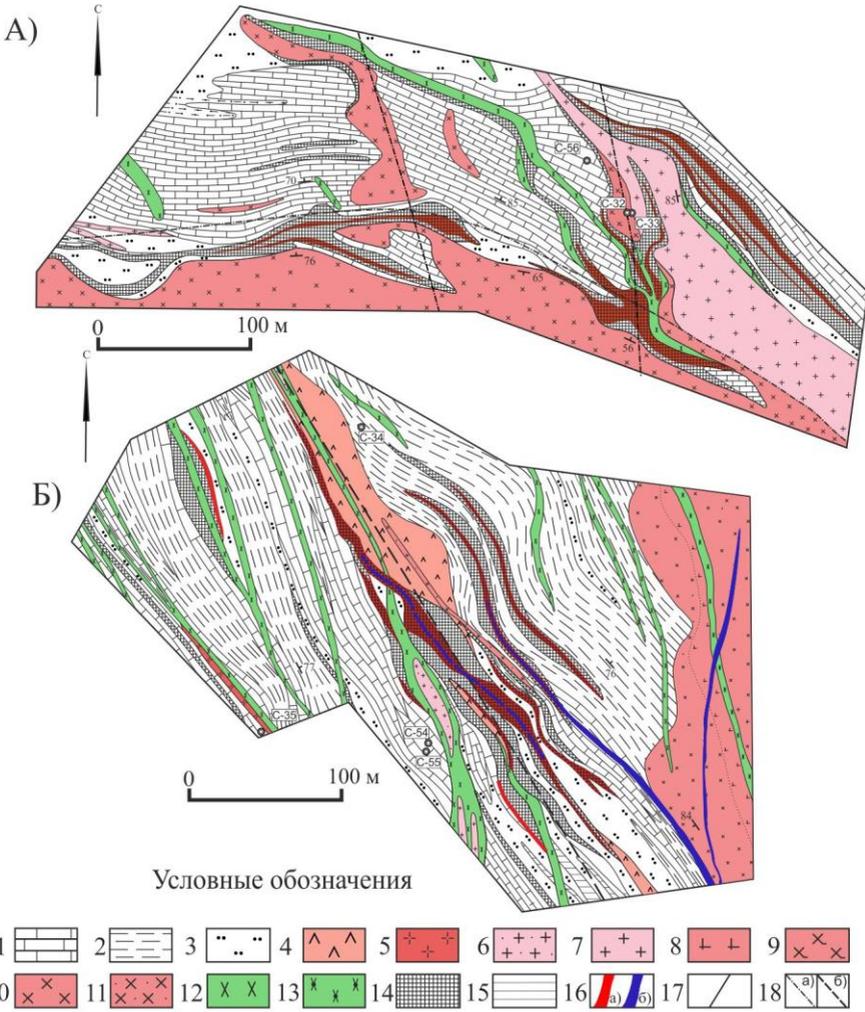
Меньшая часть золоторудных объектов локализована в области крутопадающего контакта массива с терригенно-карбонатной толщей, осложненной линейными разрывами северо-западной ориентировки, контролирующими размещение многочисленных разновозрастных даек «пестрого» состава. При этом контакт массива в плане конформен или почти конформен простиранию интенсивно дислоцированной терригенно-карбонатной толщи, для которой характерно частое чередование терригенных и карбонатных пород (известняки, алевролиты, известковистые алевролиты и мергели). Разрывные нарушения имеют северо-западную ориентировку и являются фрагментами региональных разрывов Ануйского тектонического блока, претерпевших неоднократную активизацию. Наиболее отчетливо эти разрывные нарушения выражены на месторождениях Баяниха и Лог-26 (Рис. 1). Эти нарушения контролируют размещение широко проявленных многочисленных даек «пестрого» состава, а так же тел золотоносных скарнов, скарноидов и золото-сульфидно-кварцевых минерализованных зон.

Присутствие разновозрастных многочисленных дайковых образований, ориентированных преимущественно в северо-западном направлении, свидетельствует о неоднократной активизации нарушений этой группы.

Второе защищаемое положение диссертации: *«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».*

Наиболее характерным представителем объектов **первого типа** является проявление **Сухая Грива**, локализованное в области контакта Топольнинского массива гранодиоритов и нижнедевонских терригенно-карбонатных толщ камышенской свиты (Рис. 2а). Толщи, как и контакты массива, падают в северо-западном направлении.

Контакт массива гранитоидов имеет сложное строение, с многочисленными в различной степени эродированными апофизами, ориентировка которых определяется дуговыми разрывами, конформными контакту основного массива. Дайки, представленные преимущественно диоритовыми порфиритами, ориентиро-



1 - известняки белые и светло-серые, мраморизованные, часто со слоями алевролитов ороговикованных; 2 - алевролиты, алевролиты известковистые и аргиллиты часто ороговикованные, 3 - роговики; Куяганский комплекс (D₂): 4 - дациты, плагиодациты, плагиориодациты; Топольнинская ассоциация (D₂): 5 - лейкограниты, 6 - гранит-порфиры, 7 - граниты, 8 - плагиограниты, плагиогранит-порфиры, 8 - граниты биотитовые, 9 - тоналит-порфиры, 10 - гранодиориты; 11 - гранодиорит-порфиры; 12 - диоритовые порфиры, кварцевые диоритовые порфиры, 13 - монциты кварцевые субщелочные; 14 - скарны и скарноиды клинопироксен-гранатового, гранат-клинопироксенового состава, 15 - кальцит-клинопироксен-пренитовые породы с гранатом, 16 - рудные тела золото-скарнового (а) и золото-сульфидно-кварцевого состава (б), 17 - геологические границы достоверны (а), фациальные переходы (б), 18 - разрывные нарушения: (а) «дуговые» и линейные, (б) - региональные разрывы.

Рис. 2. Схематическая геологическая карта проявления Сухая Грива (А) и месторождения Байяниха (Б). По В.А. Рожченко (2014), с использованием данных Н.А. Юшко (2014), с изменениями и дополнениями автора.

ваны субсогласно простиранию вмещающей толщи и ориентировке наиболее крупных апофиз массива, в целом подчёркивая направление дуговых разрывов (Окулов, Рожченко, 2015).

Скарны преимущественно гранатового, гранат-клинопироксенового состава образуют тела пластовой, линзовидной и сложной формы (Рис. 2а), которая определяется строением каркаса, сформированного дайками и апофизами гранитоидов. Протяженность тел скарнов, как правило, не превышает первых сотен метров при мощности до первых десятков. Мощность золоторудных тел в скарнах – от десятков см до первых метров, содержание золота от десятых г/т – первых г/т, очень редко, в единичных пробах оно составляет десятки г/т. К этому типу проявлений так же относятся проявления Чертова Грива, Чертова Яма, Рыбный Лог-2 и др.

Представителем объектов **второго типа** является месторождение **Баяниха** (Рис. 2б), расположенное на северо-западном контакте Топольнинского массива гранитоидов и терригенно-карбонатных толщ громотухинской серии. Толща на месторождении представлена в различной степени мраморизованными известняками, чередующимися с ороговикованными алевролитами, а так же известковистыми алевролитами и роговиками. Толща характеризуется достаточно устойчивым северо-западным простиранием и крутым (70-80°) падением. В качестве стержневого элемента, определяющего геологическое строение рассматриваемого объекта, выступают фрагменты региональных разрывов северо-западного простирания, которые определяют ориентировку разновозрастных даек, тел скарнов и скарноидов (в том числе золотоносных), и более поздних образований золото-сульфидно-кварцевого состава (Окулов, Рожченко, 2015). Массив гранитоидов, прорывающий эти толщи, сложен преимущественно гранодиоритами, в меньшей степени гранитами. Область юго-западного контакта массива осложнена системой крутопадающих разрывов северо-западного простирания. Близкое простирание имеет комплекс даек, включающий наиболее ранние (до становления гранитоидов) редкие, разобщенные тела риодацитов куюганского комплекса и многочисленные крутопадающие дайки диоритовых порфиринов и гранодиорит-порфиринов (Рис. 2б). В пределах месторождения помимо скарнов гранат-клинопироксенового состава достаточно широко представлены скарноиды. Последние представляют собой тонкозернистые ороговикованные мергели с линзами и линзовидными прожилками, сложенными минералами скарнов (гранат, клинопироксен) в количестве до 60% объема породы. Тела скарнов и скарноидов, как правило, линзообразной, реже сложной формы, локализованы в области концентрации даек, осложняя их контакты с мраморизованными и ороговикованными терригенно-карбонатными отложениями. Протяженность наиболее крупных тел достигает первых сотен метров при мощности от десятков см до десятков метров. Содержание золота в минерализованных телах скарноидов колеблется от первых г/т до десятков г/т.

Помимо тел золотоносных скарноидов в пределах рассматриваемого месторождения проявлены минерализованные зоны золото-сульфидно-кварцевого состава, развивающиеся в дайках различного состава, в области их контактов, внутри масси-

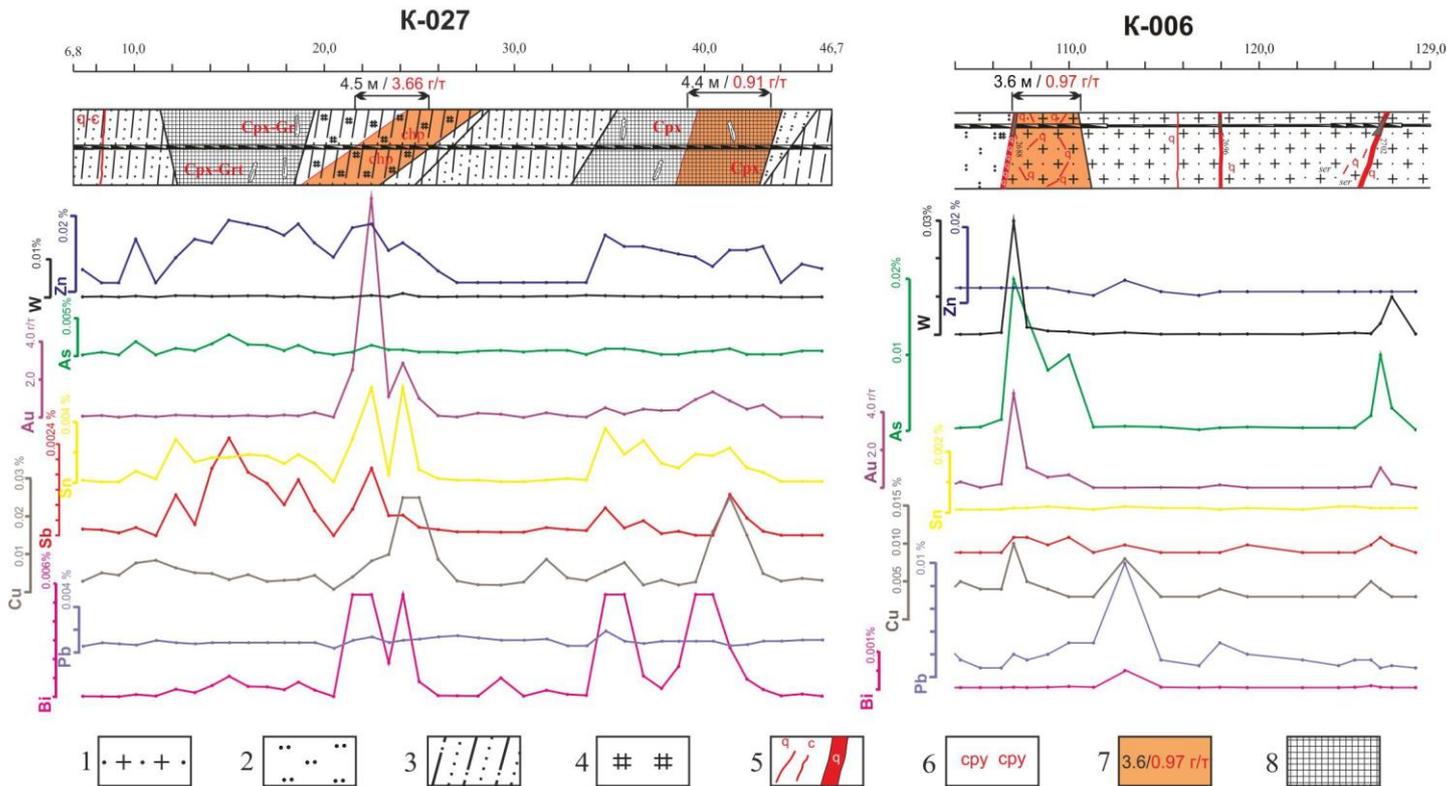
ва гранитоидов или осложняющие область контакта последнего с вмещающими терригенно-карбонатными породами, являющиеся более поздними по отношению к золотоносным скарнам и скарноидам. Жильно-прожилковые образования золото-кварцевого и золото-сульфидно-кварцевого состава сопровождаются золотоносными кварц-серицит-пирит-карбонатными окологрудными изменениями вмещающих гранитоидов и в алевро-песчаных пород. Мощности этих зон достигает первых метров, протяженность до первых сотен метров. Совмещение тел золотоносных скарноидов и минерализованных зон золото-сульфидно-кварцевого состава предопределило появление фрагментов зон с содержаниями золота до десятков г/т. Вещественный состав руд рассмотрен в Главе 3.

Глава 3. Минералого-геохимическая характеристика золото-скарнового и золото-сульфидно-кварцевого оруденения.

Третье защищаемое положение диссертации: *«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)».*

Изучение вещественного состава руд проявлений Сухая Грива, Чертова Яма и др. относящихся к объектам **первого типа** показало, что формирование тел золотоносных скарнов связано с минеральными ассоциациями двух стадий. Ранняя стадия, нерудные минералы которой представлены гранатом, клинопироксеном, везувианом и волластонитом, занимает основной объем золоторудных тел. Среди рудных минералов, содержание которых, как правило, не превышает первых процентов, доминирует магнетит при резко подчиненной роли шеелита и молибдошеелита. Золотоносность руд определяется проявлением минеральных образований поздней стадии, нерудные минералы которой представлены актинолитом, эпидотом и хлоритом. В ограниченном объеме проявлены кварц и карбонат, завершающие формирование образований этой стадии. Основные рудные минералы этой стадии, содержание которых не превышает первых процентов, представлены пиритом, халькопиритом, борнитом и халькозином. Отмечается рассеянная тонкая вкрапленность висмутина, бисмутита, а также теллуридов (тетрадимит, цумоит), с которыми часто ассоциирует золото.

Целенаправленное изучение самородного золота из рудных тел проявления Сухая Грива показало, что для него характерны срастания с висмутином, тетрадимитом, окисленными сульфидами и нерудными минералами скарнов (гранатом, пироксеном) и послескарновых ассоциаций (актинолитом, карбонатом). Золото весьма мелкое при подчиненной роли более крупного (до 1.6 мм). Формы его в основном неправильные цементационные, трещинные, реже смешанные (гемиидиоморфные).



1- Гранит-порфиры, 2 - Роговики различного состава, 3 - Алевропесчаники ороговикованные, 4 - Скарнирование пород, 5 - Прожилки кварцевые (q), карбонатные (с), кварцевые жилы (q), 6 - Сульфидная вкрапленность: спру - халькопирит, 7 - Рудные интервалы: 0.5 - мощность, 1.88 г/т - содержание, 8 - Скарноиды: Срх - клинопироксеновые, Срх-Gr - клинопироксен-гранатового, прочего состава.

Рис. 3. Геохимические графики распределения золота и элементов-спутников в золотоносных скарноидах (а), зонах окварцевания гранитоидов (б) проявления Баяниха. С использованием материалов В.А. Рожченко (2014).

Кристаллы изометрические и искаженные, а так же их сростки весьма редки. Отчетливо выделяется два типа золота: золото-I пробностью **878–890%** с постоянными примесями Te (в среднем 0.04 мас. %) и Bi (0.13 мас. %). Золото-II обладает более низкой пробностью **774–835%**, помимо постоянных примесей Te (0.08 мас. %) и Bi (0.17 мас. %), в нем отмечается так же Hg (0.11 мас. %).

Внутреннее строение золота-I и золота-II преимущественно монозернистое, иногда двойниковое. Гипергенные преобразования фиксируются появлением единичных высокопробных межзерновых прожилков и тонких коррозионных оболочек. Сопоставив результаты изучения золота с геологической обстановкой, можно сделать вывод о том, что его кристаллизация проходила в относительно стабильных условиях (Окулов, Рожченко, Шатилова, 2016). Примеси Bi, Hg и Te характерны для золота из скарнов Синюхинского месторождения (Республика Алтай) и других золото-скарновых месторождений (Рослякова, Щербаков, 1999; Самородное золото рудных и россыпных месторождений России, 2015).

Золотоносные скарны в первичных ореолах помимо Au, как правило, фиксируются повышением содержаний Ag, Bi, Cu и, реже ореолами Sn, Zn редко – W и As. Из-за низких содержаний сульфидов и неравномерности сульфидной вкрапленности золото в первичных ореолах не всегда сопровождается аномалиями элементов-спутников. Содержания элементов в первичных ореолах низкие, на уровне $n \cdot 0,01 - n \cdot 0,001\%$, что обусловлено убогой вкрапленностью сульфидов.

Литохимическими работами, проведенными на площади развития золотоносных скарнов, установлено присутствие комплексных вторичных геохимических ореолов Au-Bi-Cu-W состава с повышенными содержаниями Ag. Ориентировка ореолов фиксирует положение рудных тел, а состав их близок к составу таковых, развитых в экзоконтактной зоне гранитоидного массива на месторождении Баяниха (Юшко, 2014). Первичные и вторичные ореолы W определяется редкой вкрапленностью шеелита и молибдошеелита. Ореолы Cu связаны с вкрапленностью сульфидов меди (халькопирита, борнита и халькозина), а ореолы Bi обусловлены наличием сульфидов висмута (висмутин и тетрадимит).

На объектах **второго типа**, к которому относится **Баяниха**, в отличие от проявлений первого типа, развиты так называемые скарноиды. Мергели сложены пелитоморфным карбонатом и эпидотом, скарны – преимущественно клинопироксеном и гранатом. К постскарновым образованиям относится хлорит-актинолит-эпидот-карбонатная минеральная ассоциация. Морфология, количественные соотношения и размеры агрегатов (скоплений) минералов этой ассоциации, а также особенности их проявлений в телах гранат-клинопироксеновых скарноидов близки к охарактеризованным на проявлении Сухая Грива.

Рудные минералы в скарноидах присутствуют в незначительных количествах и обычно не превышают 5% при крайне неравномерном распределении. Наиболее ранним минералом является молибденит, образующий пластинчатые выделения. Характерно наличие сульфидов меди (халькопирит, борнит, халькозин, ковеллин), приуроченных к интерстициям зерен нерудных минералов. Борнит часто образует с

халькопиритом-II структуры распада твердого раствора и замещается халькозином. На проявлении Лог-26, кроме характерных минералов меди и теллуридов, в скарноидах присутствует арсенопирит-I. В скарноидах также зафиксированы пирротин, пирит, галенит, сфалерит и шеелит, минералы группы блеклых руд, в виде единичных мелких зерен встречены теллуриды – тетрадимит, цумоит, гессит, алтаит, а также самородный висмут (Ворошилов и др., 2014). Теллуриды так же, как на Синюхинском золото-скарновом месторождении (Двуреченская, 2010), формируются на завершающем этапе. Рудные минералы образуются в связи с формированием хлорит-актинолит-эпидот-карбонатной ассоциации.

В скарнах и скарноидах месторождения Баяниха золото образует сростания с блеклой рудой, халькозином, борнитом, кварцем, актинолитом, гранатом. Характерны его мельчайшие, $n \cdot 0.001$ мм, выделения по микротрещинам в тетраэдрите и по спайности в молибдените. Преобладает весьма мелкое золото и лишь в редких случаях его выделения достигают 0.6 мм. Как и на проявлении Сухая Грива, для золота характерно преобладание неправильных форм – трещинных и комковидных, несколько шире распространены кристаллы, их сростки и гемиидиоморфные частицы. Для золота из скарноидов характерны пробность **887–900%**, постоянные примеси Te (в среднем 0.05 мас. %) и Bi (0.1 мас. %), а также монозернистое и зернистое внутреннее строение, что позволяет считать его сходным с золотом-I проявления Сухая Грива (Окулов, Рожченко, Шатилова, 2016).

Золоторудные скарноиды выражены первичными ореолами Au, Ag, Bi, Cu, реже Sn, Zn, а так же и Sb (Рис. 36). Первичные и вторичные ореолы Bi и Cu связаны, вероятно, с редкой вкрапленностью сульфидов этих элементов (висмутина, тетрадимита, халькопирита, борнита, халькозина и др.), ореолы Sn – вероятно, с наличием касситерита или станнина, ореолы Zn обусловлены наличием сфалерита, Sb – блеклой руды. Неотчетливая выраженность ореолов W и Mo отражает, вероятно, неравномерность и редкость шеелита и молибденита в скарноидах. Золотоносные скарноиды, как и золотоносные скарны проявления Сухая Грива, характеризуются контрастными вторичными ореолами Au, Ag, Bi, Cu, редко – W и As.

Наиболее поздняя группа гидротермалитов на объектах второго типа (месторождение Баяниха) представлена золотоносными серицит-(пирит)-карбонат-кварцевыми образованиями. Зоны березитизации и окварцевания наложены на риолит-дациты куяганского комплекса, сиениты и гранит-порфиры топольнинской ассоциации, алевролиты. Наиболее интенсивные и мощные, до 12 м, березитоподобные изменения с содержаниями золота не более 0.9 г/т отмечены в кислых вулканитах. Самые мощные зоны окварцевания проявлены в гранит-порфирах массива, содержание Au в них достигает первых $n \cdot 10$ г/т по отдельным пробам (Рожченко, 2014).

Ранее проведенными исследованиями установлено устойчивое присутствие «пылевидного» золота в протолочках из березитизированных пород месторождений Лог-26 и Баяниха. Кроме пирита, в тяжелой фракции из кварцевых жил и березитизированных пород с тонкими прожилками кварца фиксируется арсенопирит, молиб-

денит, тетраэдрит, реже встречается халькопирит, галенит, сфалерит, количество которых не превышает нескольких %. Теллуриды, борнит и халькозин, характерные для ранней ассоциации, здесь не наблюдаются (Бедарев, Гусев, 1998).

В зонах окварцевания месторождения Баяниха золото встречается в сростании с арсенопиритом, окисленными сульфидами и кварцем. Оно преимущественно весьма мелкое, редко достигает 1.3 мм, обычно неправильных цементационных и трещинных форм. Это золото-III заметно отличается от золота-I и золота-II из скарноидов высокой пробностью (935–947‰) и распределением элементов-примесей. Характерны примеси Cu (0.06 мас. %), отмечаются примеси Bi (0.07 мас. %), а Hg практически отсутствует. Внутреннее строение золота сохраняет следы интенсивных эндогенных деформаций. По периферии выделений золота часто отмечается гипергенная коррозийная оболочка пробностью 988–998‰.

В первичных ореолах зоны окварцевания и березитизации выражены менее отчетливо, чем золотоносные скарны и скарноиды. Они сопровождаются ореолами Au, As, W, Mo, редко Pb, в единичных случаях – Cu и Sb. Ореолы Bi, свойственные золотоносным скарноидам, не проявлены. Для зон окварцевания и березитизации характерны вторичные ореолы Au, As, W и Mo, реже Cu. Ореолы этих элементов обусловлены убогой вкрапленностью рудных минералов: молибденита (Mo), шеелита или вольфрамита (W), арсенопирита (As), редко – халькопирита и блеклой руды (Cu и Sb), галенита (Pb).

Глава 4. Геолого-поисковые модели золоторудных проявлений Топольнинского рудного поля.

Четвертое защищаемое положение диссертации: *«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».*

Для разработки геолого-поисковых моделей золоторудных объектов выделенных типов были использованы результаты специализированных исследований автора, данные, полученные при проведении тематических исследований (Ворошилов и др., 2014; Савинова, 2014) и геолого-поисковых работ (Рожченко, 2014), в той или иной степени затрагивавшие рассматриваемую проблему. Сопоставление полученных данных с результатами анализа материалов по объектам-аналогам позволил разработать геолого-поисковые модели объектов двух типов, отличающихся элементами геологической обстановки нахождения и промышленной значимостью.

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 типа были выявлены характерные черты геологического строения. Выполненные исследования в сочетании с материалами, полученными при обобщении результатов тематических и геолого-поисковых работ, позволили разработать геолого-поисковые модели золотого оруденения Топольнинского рудного поля (Окулов, 2017).

Геолого-структурная позиция золоторудных проявлений **первого типа** определяется их локализацией в области экзоконтакта массивов гранитоидов, осложненной их апофизами и отдельными дайками. При этом контакты массива и его апофиз в плане конформны, диагональны или ориентированы под прямым углом к простиранию вмещающей толщи. Доминируют разрывы, конформные контакту массива и его апофизам, а также субсогласные с залеганием рудовмещающей толщи.

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 нахождения этого типа объектов являются широко распространенные (в отличие от первого типа) дайки «пестрого» состава, среди которых доминируют образования среднего состава – диоритовые порфириты, кварцевые диоритовые порфириты и др., положение которых, 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.

Рудовмещающие образования объектов **первого типа** представлены слабо дислоцированными песчаниками, алевролитами и известняками громотухинской серии (S_1) и камышенской свиты (D_1). Не исключено, что важную роль в отсутствии значимого оруденения на некоторых объектах первого типа сыграла подчиненность 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. Рудовмещающие образования объектов **второго типа** представлены в различной степени дислоцированными и, в отличие от объектов первого типа, часто

чередующимися породами – алевролитами, известняками, а так же известковистыми алевролитами и мергелями громотухинской серии (S_1) и полатинской свиты (S_1). На объектах обоих типов породы в различной степени подвержены контактовым изменениям: терригенные отложения ороговикованы, реже превращены в роговики кварц-биотит-полевошпатового состава, карбонатные мраморизованы и непосредственно на контакте с гранитоидами массивов превращены в мраморы.

Магматические образования, с которыми связано золотое оруденение на объектах **первого и второго типов**, представлены гранитоидами габбро-гранодиорит-гранитной формации, формирующими Топольнинский и Караминский массивы. В состав этой формации так же входят дайки «пестрого» состава, которые на объектах **первого типа** немногочисленны: здесь отмечены дайки отдельных фаз становления топольнинской ассоциации. Характерной чертой объектов **второго типа** является широко проявленный комплекс даек «пестрого» состава (топольнинской ассоциации и куяганского комплекса), среди которых доминируют дайки среднего состава.

Рудоконтролирующие нарушения на объектах **первого типа** представлены разрывами, конформными контакту массива гранитоидов и его апофизам («дуговые» разрывы), 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. Рудоконтролирующие нарушения на объектах **второго типа** представлены фрагментами региональных разрывов Ануйского тектонического блока северо-западного простирания, как правило, занимающих согласное положение по отношению к породам рудовмещающей толщи и контролирующим размещение многочисленных даек «пестрого» состава. Эта же группа нарушений обусловила совмещение в единых рудных телах золото-скарновой и золото-сульфидно-кварцевой минерализации.

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

В соответствие с доминирующим типом рудоконтролирующих разрывов для объектов **второго типа** характерны сложно построенные жильно-прожилковые зоны, формирующиеся вдоль контактов золотоносных скарновых и скарноидных 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 золото-скарновых рудных тел объектов **первого типа** определяется проявлением двух минеральных ассоциаций. Нерудные минералы ранней ассоциации, формирующей основной объем тел скарнов, представлены гранатом, клинопироксеном, везувианом и волластонитом, рудные – магнетитом, ред-

ким шеелитом. Нерудные минералы поздней ассоциации, определяющей золотоносность рудных тел, представлены актинолитом, эпидотом, хлоритом, в ограниченном количестве присутствуют кварц и карбонаты. Рудные минералы этой ассоциации (до 5%) представлены пиритом, халькопиритом, борнитом и халькозином. Присутствуют редкие зерна висмутита, тетрадимита, теллуридов свинца, серебра, с которыми ассоциирует золото. Золото в этой ассоциации образует весьма мелкие выделения преимущественно неправильной формы пробностью золота 774-890‰.

Вещественный состав руд проявлений **второго 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, теллуридами, а так же вольфрамитом, галенитом, сфалеритом и арсенопиритом. Золото мелкое и весьма мелкое, преобладают выделения неправильной формы. Пробность золота в скарнах 887-900‰, в кварцевых жилах и жильно-прожилковых зонах 935-947‰. Наряду с весьма мелким 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, Гусев, 1998).

Геохимическая характеристика руд объектов **первого типа** в соответствии с их вещественным составом (золотоносные скарны) определяется сочетанием ореолов Au, Cu, Bi, Ag, реже – Zn, Sn, редко W и As. Геохимические ореолы рудных тел объектов **второго типа** определяется соответствующими характеристиками ореолов золотоносных скарнов и минерализованных зон золото-сульфидно-кварцевого состава. Для последних характерны ореолы Au, As, W, Mo, редко Pb. В целом по сравнению с золотоносными скарнами и скарноидами, минерализованные зоны выражены в геохимических ореолах менее отчетливо. С учетом полученных данных составлена геолого-поисковые модели двух типов золоторудных проявлений Топольнинского рудного поля (Таблица 1).

Главными критериями разработанных моделей, которые позволяют выделить объекты второго наиболее перспективного типа, являются *геолого-структурная позиция золоторудных объектов, магматические образования, рудоконтролирующие нарушения*. Разработанные модели были использованы для оценки возможности обнаружения объектов второго типа, как в пределах рудного поля, так и в других фрагментах тектоно-магматического поднятия, к периферии которого приурочено рудное поле. С объектами второго типа в рудном поле имеет сходную геолого-структурную позицию проявления Кирпичное и Пропаший Лог.

Первое локализовано по отношению к месторождению Лог-26 в диаметрально противоположной области контакта Караминского массива, а второе – в зоне контакта Топольнинского массива к юго-востоку от месторождения Баяниха, на

Таблица 1. Геолого-поисковая модель золоторудных проявлений Топольнинского рудного поля

Критерии и признаки модели	Характеристика		
	1	2	3
Примеры объектов	I тип (наименее перспективный)	II тип (наиболее перспективный)	
	Проявление Сухая Грива, Чертова Яма, участки Чертова Грива, Рыбный Лог-2, Рыбный Лог-2, Кемровский, Пропащий Лог, Кирпичный	Проявления Баяниха, Лог-26	
	Тарданское месторождение, Синохинское месторождение, Майско-Лебедское месторождение		
Геолого-структурная позиция золоторудных проявлений	Тектонизированные области экзоконтакта массивов гранитоидов, осложненные его апофизами и содержащие дайки «пестрого» состава.	Интенсивно тектонизированные области экзоконтакта массивов гранитоидов, содержащие многочисленные дайки «пестрого» состава.	
Магматические образования	Гранитоиды габбро-гранодиорит-гранитной топольнинской ассоциации (D ₂), в том числе относительно редкие дайки диоритовых порфиритов, гранодиоритов, лейкогранитов и др.	Гранитоиды габбро-гранодиорит-гранитной топольнинской ассоциации (D ₂), включающей многочисленные дайки «пестрого» состава, среди которых преобладают диоритовые разности. Так же проявлены более ранние дайки курганского комплекса (D ₂)	
Рудоконтролирующие нарушения	Сочетание «дуговых» разрывов и линейных нарушений , конформных апофизам и залеганию рудовмещающей толщи.	Отчетливо проявленные разрывы северо-западного простираения различной кинематики, принадлежащие системе региональных нарушений Ануйского блока	
Рудовмещающие образования	Слабо дислоцированные терригенно-карбонатные толщи (камышенская свита D ₁ , громотухинская серия S ₁)	Интенсивно дислоцированные терригенно-карбонатные толщи (полатинская свита S ₁ , громотухинская серия S ₁) 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, совмещенные с минерализованными жильно-прожилковыми зонами золото-сульфидно-кварцевого состава	

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

продолжении зоны региональных линейных разрывов северо-западного простирания (Рис. 1). Это позволяло предположить на этих объектах наличие оруденения, аналогичного объектам второго типа. Однако, на этих объектах фрагменты региональных разрывов проявлены неотчетливо, вследствие чего, вероятно, здесь не выражен комплекс даек «пестрого» состава, который является одним из главных индикаторных элементов второго типа. Кроме того, на этих объектах рудовмещающие толщи имеют сравнительно монотонный терригенный или карбонатный состав, и характерного для второго типа объектов частого чередования пород здесь не наблюдается.

По результатам литохимических работ на проявлении Кирпичном были выявлены обширные площадные 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. Перспективы проявления Пропаший Лог могут быть связаны скорее с северо-западной его частью, где остались незаверенными контрастные литохимические аномалии золота.

В пределах 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 пределах массивов диорит-гранодиоритового состава и зон их экзоконтактов не проявлены региональные разрывы северо-западной ориентировки. Принимая так же во внимание отсутствие россыпей золота по многочисленным в этой области, перспективы для обнаружения объектов второго типа так же представляются маловероятными.

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.

Объекты наиболее перспективного второго типа, в отличие от первого, локализованы в зонах экзоконтактов массивов гранитоидов, где отчетливо проявлены региональные линейные разрывы северо-западного простирания Ануйского тектонического блока. Для объектов второго типа характерны многочисленные дайки «пестрого» состава, среди которых преобладают диоритовые порфириды, в то время как на объектах первого типа дайковый комплекс проявлен незначительно. Рудовмещающие толщи на объектах первого и второго типов подвержены контактово-метаморфическим изменениям и имеют сходный терригенно-карбонатный состав, однако, на объектах второго типа толщи характеризуются частым чередованием литологических разностей пород и более дислоцированы. На объектах обоих типов проявлены золотоносные скарны и скарноиды, которые образуют тела, субсогласные простиранию рудовмещающих 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 Cu, Ag, Bi, реже Sn, Zn, редко W. На объектах второго типа тела золотоносных скарнов и скарноидов совмещены с более поздними жильно-прожилковыми и прожилковыми зонами золото-сульфидно-кварцевого состава. Формирование последних обусловлено неоднократной активизацией региональных разрывных нарушений северо-западного простирания. 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 Au, As, W, Mo, редко Pb. В соответствии с этим, геохимические ореолы рудных тел объектов второго типа определяется соответствующими характеристиками ореолов тел золотоносных скарнов и минерализованных зон золото-сульфидно-кварцевого 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. Установлено, что для золота из скарнов и скарноидов характерна широкая вариация пробности в диапазоне 774-900‰ и примеси Bi, Te, а так же Hg, характерные для золотоносных скарнов различных месторождений. Золото из минерализованных зон окварцевания имеет пробность 935-947‰, и в отличие от золота из скарнов в нем установлены примеси Cu. Предположительно незначительное количество элементов-примесей в золоте (не более 0.4%) в отличие от золота известных скарновых месторождений (первые %) находится в соответствие с незначительным количеством сульфидов на золоторудных объектах рудного поля в целом.

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 том 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.

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. Необходимо отметить, что при значительных масштабах проявления золото-халькопирит-халькозин-борнитововго минерального комплекса возможно формирование месторождения золота в связи с объектами первого типа (пример – Синюхинское месторождение).

Список работ, опубликованных по теме диссертации

Публикации в журналах, цитируемых ВАК:

1. **Окулов А.В.**, Рожченко В.А. Геологическое строение и позиция золоторудных проявлений Топольнинского рудного поля, Алтайский край // Руды и металлы. – 2015. – №4. – С.13–25.

2. **Окулов А.В.**, Шатилова Л.В., Рожченко В.А. Минералого-геохимическая характеристика золоторудных проявлений Топольнинского рудного поля // Руды и металлы. – 2016. – №1. – С.52–62.

Тезисы в материалах конференций:

3. **Окулов А.В.**, Рожченко В.А., Туркин Ю.А. Позиция и минералого-геохимическая характеристика золотого оруденения Топольнинского рудного поля // Тезисы докладов II научно-практической конференции «Геология, геофизика и минеральное сырье Сибири». 21–24 апреля 2017 г. / Новосибирск: СНИИГГиМС. – 2015. – Том 1. – С. 184 – 185.

4. **Окулов А.В.** Позиция, геологическое строение и минералого-геохимическая характеристика золоторудных проявлений Топольнинского рудного поля (Алтайский край) // Тезисы докладов научно-практической конференции «Научно-методические основы прогноза, поисков и оценки месторождений благородных, цветных металлов и алмазов – состояние и перспективы». 19–20 апреля 2016 г. / М: ЦНИГРИ. – 2016. – С. 47.

5. **Окулов А.В.** Типизация золоторудных проявлений Топольнинского рудного поля (Алтайский край). // 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.

6. **Окулов А.В.** Геолого-поисковая модель наиболее перспективного типа золоторудных проявлений Топольнинского рудного поля. // 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.

7. **Окулов А.В.** Геолого-поисковые модели золоторудных проявлений Топольнинского рудного поля. // XIII международная научно-практическая конференция «Новые идеи в науках о Земле». 5–7 апреля 2017 г. / М: РГГРУ. – 2017. – С. 272–273.

8. **Окулов А.В.** Геолого-поисковая модель наиболее перспективного типа золоторудных проявлений Топольнинского рудного поля. // 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.

Подписано в печать 30.05.2017 г.
Формат бумаги 31x30 1/2
Тираж 99 экз.
Полиграфическая база ФГУП ЦНИГРИ
117545, Москва, Варшавское шоссе, д. 129, корп. 1