

ГЕОЛОГИЧЕСКОЕ СТРОЕНИЕ И ПОЗИЦИЯ ЗОЛОТОРУДНЫХ ПРОЯВЛЕНИЙ ТОПОЛЬНИНСКОГО РУДНОГО ПОЛЯ, АЛТАЙСКИЙ КРАЙ

А.В.Окулов

ФГУП Центральный научно-исследовательский геологоразведочный институт цветных и благородных металлов,
г. Москва

В.А.Рожченко

ОАО «Горно-Алтайская Экспедиция»,
с. Малоенисейское

Рассмотрены геологическое строение Топольнинского рудного поля, позиции золоторудных проявлений и перспективных участков, детально изученных в ходе последних полевых работ. Выделены участки, различающиеся по геологической обстановке. Установлены факторы, влияющие на степень перспективности участков и масштабы золотого оруденения. Составлена предварительная геолого-поисковая модель золоторудных проявлений Топольнинского рудного поля.

Ключевые слова: золотоносные скарны, позиция оруденения, перспективность участков, геолого-поисковая модель, Алтай.

Топольнинское рудное поле (Солонешенский район Алтайского края), выделяемое в составе Ануйского медно-золоторудно-россыпного узла, расположено в северо-западном 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. Площадь рудного поля ~ 50 км². Осадочная толща (S_1-D_1) расчленена на линейно вытянутые блоки северо-западного простирания в соответствии с ориентировкой доминирующей системы разрывных нарушений [3] (рис. 1). Некоторыми исследователями структура рудного поля рассматривается как грабен-синклиналь, осложненная в центральной части массивами гранитоидов ([1]; В.С.Рузаев, 2002 г.). Проведенные на перспективных участках геологические наблюдения и горно-буровые работы показали, что осадочные отложения в пределах линейных блоков имеют преимущественно крутое падение и образуют са-

мостоятельные складчатые структуры, которые не увязываются со складками соседних блоков.

В пределах рудного поля проявлены две основные группы разрывных нарушений. Наиболее широко представленные северо-западные принадлежат к системе региональных разрывов, определяющих главные элементы геологического строения Ануйского тектонического блока, входящего в состав Чарышско-Чуйской структурно-формационной зоны. Эта система нарушений в сочетании с северо-восточной определяет границы рудного поля и его блоковое строение, а также контролирует размещение и ориентировку даек «пестрого» состава. Разрывы северо-восточного простирания ряд исследователей относят к Сарасинско-Инской зоне, контролирующей локализацию флюорит-редкоземельной и сурьмяно-ртутной минерализации за пределами рудного поля [7].

Магматические образования рудного поля представлены более ранним куяганским риолит-дацит-андезитовым комплексом (D_2) и топольнинским габбро-гранодиорит-гранитным (D_2).

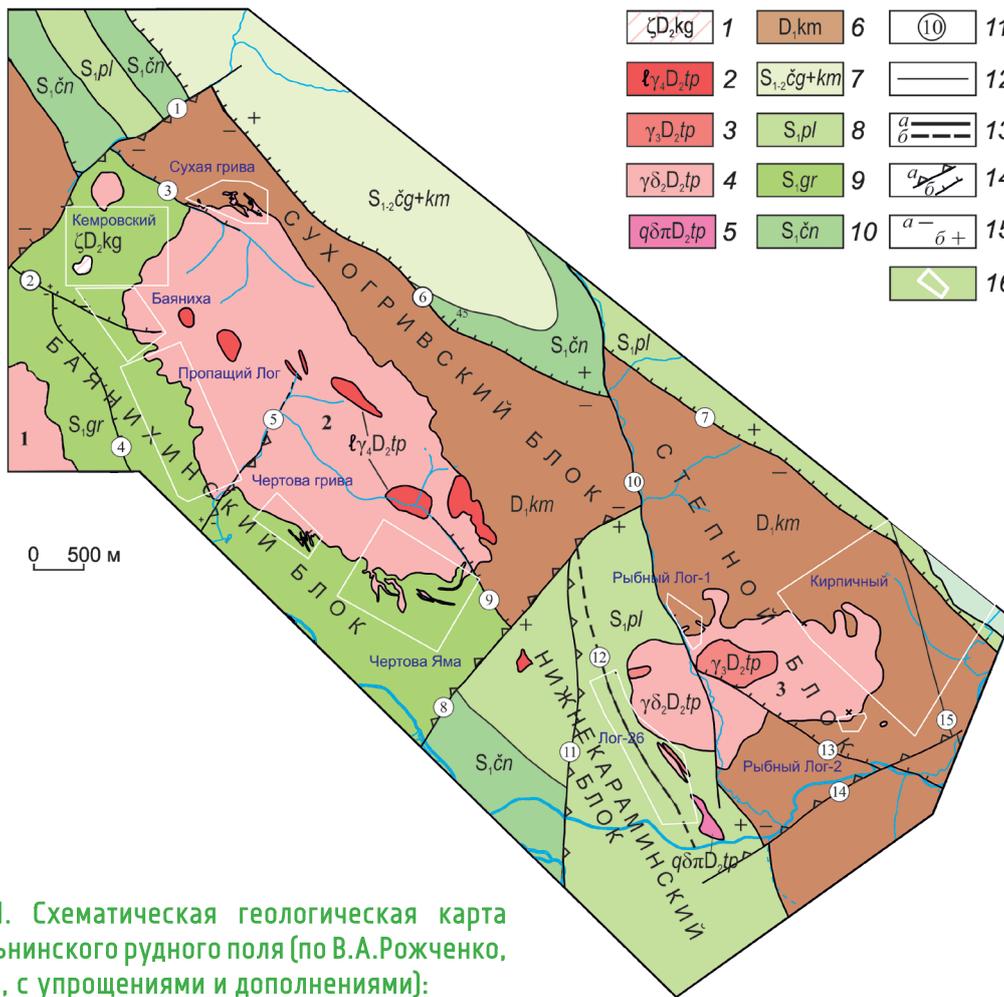


Рис. 1. Схематическая геологическая карта Топольнинского рудного поля (по В.А.Рожченко, 2014 г., с упрощениями и дополнениями):

1 – куюганский комплекс риолит-дацит-андезитовый (штоки дацитов, плагиориолитов, дайки риолитов, плагиориолитов, дацитов, плагиодацитов); топольнинский комплекс габбро-гранодиорит-гранитовый: 2 – четвертая фаза (лейкограниты абиотитовые, дайки гранит-порфиритов), 3 – третья фаза (граниты биотитовые, амфибол-биотитовые, нередко микропегматитовые), 4 – вторая фаза (гранодиориты биотит-роговообманковые, меланограниты амфибол-биотитовые), 5 – дайки диорит-порфиритов, кварцевых диорит-порфиритов, кварцевых диоритов; интрузивные массивы: 1 – Острушинский, 2 – Топольнинский, 3 – Караминский; Чарышско-Чуйская зона рифовых и шельфовых фаций: 6 – камышенская свита (алевролиты светло-серые, зеленовато-серые песчанистые, песчаники полимиктовые, известняки светло-серые, темно-серые (углистые), детритовые, кремнистые, прослои гравелитов), 7 – чагырская и куимовская свиты объединенные (хлорит-слюдистые сланцы, светло-серые известняки, светло-серые, зеленовато-серые алевролиты, полимиктовые и известковистые песчаники), 8 – палатинская свита (светло-серые алевролиты, обломочные светло-серые, темно-серые (углистые), известняки, полимиктовые и известковистые песчаники, прослои гравелитов), 9 – громотухинская серия нерасчлененная (светло-серые, зеленовато-серые алевролиты, полимиктовые и известковистые песчаники, белые, светло-серые известняки, прослои гравелитов); 10 – переслаивание серо-зеленых и темно-серых глинистых сланцев, алевролиты с редкими прослоями серых глинистых известняков, маломощные линзовидные прослои известковистых песчаников в верхних частях разреза; 11 – разломы (цифры в кружках): 1 – Светлинский, 2 – Баянихинский, 3 – Кемровский, 4 – Топольнинский, 5 – Акулинкинский, 6 – Медведевский, 7 – Степной, 8 – Щепетинский, 9 – Яминский, 10 – Рыбный, 11 – Нижнекараминский, 12 – Лог-26, 13 – Верхнекараминский, 14 – Среднекараминский, 15 – Восточный; 12 – геологические границы и контакты; 13 – главные разрывные нарушения (а – достоверные, б – предполагаемые); 14 – сбросы (а), надвиги (б); 15 – тектонические блоки (а – поднятые, б – опущенные); 16 – участки детальных поисковых работ

Первый включает дайки, реже штоки дацитов и плагиориолитов, второй образует два массива – северный (Топольнинский), сложенный гранодиоритами, и южный (Караминский), центральная часть которого сформирована гранодиоритами, а краевая – кварцевыми диоритами.

Топольнинский массив вытянут в северо-западном направлении, согласно ориентировке главной системы разрывов, Караминский – в субширотном, однако его апофизы также подчеркивают ориентировку основной системы разломов. Внедрение массивов происходило вдоль контакта нижнедевонских и нижнесилурийских отложений, вероятно, по тектонической зоне, осложняющей границы разновозрастных толщ. В рудном поле наиболее широко распространены дайки «пестрого» состава (гранит-порфиры, гранодиорит-порфиры, кварцевые диоритовые порфириты и др.), относящиеся к топольнинскому комплексу; ограниченно проявлены дациты и плагиориолиты куяганского комплекса. Дайки сконцентрированы в тектонически ослабленных зонах, осложняющих контакты массивов гранитоидов, реже – в центральных частях последних. Доминирующее северо-западное простирание даек обусловлено ориентировкой региональных тектонических нарушений района.

Топольнинское рудное поле изучалось многими исследователями. Работами 1951–1956 гг. обнаружены золотоносные скарны, разведана известная с 1901 г. россыпная золотоносность р. Ануй и его притоков (М.Ф.Розен, 1957 г.). С 1957 по 1995 гг. в бассейне рек Ануй и Карамы проводились преимущественно геологосъемочные работы м-ба 1:50 000–1:200 000, а также работы обобщающего характера. В 1996–2001 гг. на рудном поле произведены поисковые и поисково-оценочные работы (В.С.Рузаев, 2002 г.). По результатам исследований на литологической основе составлены геологическая карта рудного поля и планы перспективных участков. Золотоносности Топольнинского рудного поля посвящены научные публикации А.И.Гусева, Н.П.Бедарева, Т.В.Тимкина, Р.В.Рузаева, Б.Г.Семенцова, О.В.Савиновой и др. [1, 4, 5, 7–11]. В них рассматриваются вопросы локализации оруденения, последовательность метасоматических и рудных процессов, вещественный состав руд

и околорудных метасоматитов, аспекты геохимической зональности. Выполненные в 2012–2014 гг. ОАО «Горно-Алтайская экспедиция» горные и буровые работы позволили существенно конкретизировать геологическое строение не только наиболее значимых проявлений, но и перспективных участков, выявить новые (В.А.Рожченко, 2014 г.). Опытные-методические литохимические работы ФГУП ИМГРЭ способствовали уточнению характеристики проявлений во вторичных ореолах (Н.А.Юшко, 2014 г.).

Как показали исследования, все известные проявления и перспективные участки расположены не далее 250–350 м от контакта массивов. В области экзоконтакта терригенные породы ороговикованы, карбонатные – мраморизованы, местами скарнированы. Среди последних преобладают инфильтрационные при ограниченном развитии биметасоматических. Ширина ореолов ороговикованных и мраморизованных пород 200–800 м.

Золоторудные проявления Топольнинского рудного поля представлены телами золотоносных скарнов и скарноидов, с которыми связано ~85% прогнозных ресурсов золота, что послужило основанием для отнесения их рядом исследователей к составу золото-скарновой субформации. Наряду с золото-скарновыми, в рудном поле фиксируются тела золото-сульфидно-кварцевого типа в виде золотоносных кварцевых жил или штокверков. Золотоносность р. Ануй и его правых притоков говорит о сносе золота с указанных проявлений. Наличие промышленных россыпей, в частности по р. Карамы, омывающей проявление Лог-26, свидетельствует об участии золото-сульфидно-кварцевого оруденения в образовании россыпей.

Золоторудные объекты Топольнинского рудного поля подразделяются на две группы, отличающиеся элементами геологического строения. В первую, наиболее многочисленную, входят проявление Сухая Грива, участки Чертова Яма, Чертова Грива, Рыбный Лог-1 и 2, Кемровский, чьи рудные тела – золотоносные скарны – контролируются дугвыми разрывами, преимущественно конформными залеганию терригенно-карбонатных толщ и контактам массивов гранитоидов. Строение, морфология и параметры

рудных тел объектов второй группы (проявления Баяниха, Лог-26, участок Пропащий Лог) определяются совмещением в единых структурах, контролируемых фрагментами линейных разрывов, тел золотоносных скарнов и более поздних золотоносных зон прожилково-вкрапленной минерализации.

Из объектов первой группы наиболее детально изучено **проявление Сухая Грива** в опущенном Сухогривском тектоническом блоке, в области северного контакта Топольнинского массива и нижнедевонских терригенно-карбонатных пород камышенской свиты. Последние представлены пачкой мраморизованных известняков (180 м). К северу известняки сменяются роговиками. Простираение толщи известняков на западе и в центральной части проявления субширотное, на востоке – северо-западное, падение крутое от массива на север и северо-восток под углом 70–80°; простираение осадочной толщи конформно контакту массива. Массив гранитоидов в плане извилистый, имеет заливообразный контакт с многочисленными апофизами северо-западного простираения и «слепыми» сателлитами среди известняков, наиболее распространенными в восточной части проявления. Восточная апофиза конформна простираению известняков, а расположенная в центре – ориентирована вкрест под углом 30–80°. В западном направлении контакт массива приобретает более плавные очертания, падение массива от крутого (75°) до субвертикального в восточной части или под массив на юго-юго-запад под углом 65° в центральной части. Состав массива в зоне контакта изменяется от биотитовых гранитов и гранодиоритов до плагиогранитов второй, гранодиорит-меланогранитовой, стадии становления топольнинского комплекса [3]. Комплекс даек «пестрого» состава представлен диоритовыми порфиритами, гранит-порфирами, редко сиенитами северо-западного и субширотного простираения. Тела часто ориентированы субпараллельно контактам массива, реже диагонально к вмещающей пачке известняков.

Скарны на проявлении распространены достаточно широко. Мощность тел от 2 до 30 м, протяженность достигает 450 м. Для них характерна преимущественно линзообразная, реже

жилообразная или сложная форма с многочисленными ответвлениями. Ориентировка тел скарнов подчиняется сложной морфологии контакта массива. В восточной части проявления (рис. 2, а) вблизи апофизы, а также в области своеобразных «ловушек», где известняки окружены гранитоидами, скарны наиболее развиты, образуют тела сложной формы. С контактом массива и его апофизами скарны конформны. Простираение северо-западное (вдоль апофиз) или субширотное (вдоль главного тела). Встречаются как инфильтрационные, так и биметасоматические разновидности. В целом скарны тяготеют к гранитоидам повышенной основности и связаны со второй фазой становления Топольнинского массива. На востоке проявления падение тел субвертикальное, в центральной части скарны образуют седловидные тела над скрытыми апофизами гранитоидов с падением на север и юг.

Основные минералы, слагающие скарны, – гранат, клинопироксен, в меньшей степени присутствуют эпидот, кальцит, амфибол, везувиан, волластонит. Породы преимущественно гранатового, гранат-клинопироксенового, клинопироксен-гранатового, кальцит-клинопироксен-гранатового составов. Практически все промышленное оруденение локализовано в различных по составу скарнах, которые характеризуются редкой неравномерной вкрапленностью магнетита, халькопирита, борнита, висмутина, тетрадимита, реже шеелита, молибденита и других минералов. Относительно повышенная золотоносность установлена в брекчиях кварц-биотит-кальцитового и кальцит-скаполит-хлоритового составов и в гранитоидах массива на уровне $n=0,1$ г/т и связана, по-видимому, с ограниченно распространенными зонами окварцевания. Золоторудная минерализация локализована внутри скарновых тел, подчинена их форме и не выходит за их пределы.

Соотношения рудных тел с дайками и породами массива конформные. Наиболее мощное столбообразное рудное тело с многочисленными ответвлениями на востоке проявления расположено внутри скарнового неправильной формы, локализованного между апофизой массива тоналит-порфирированного состава и биотитовыми гранитами (см. рис. 2, а). По мере изменения про-

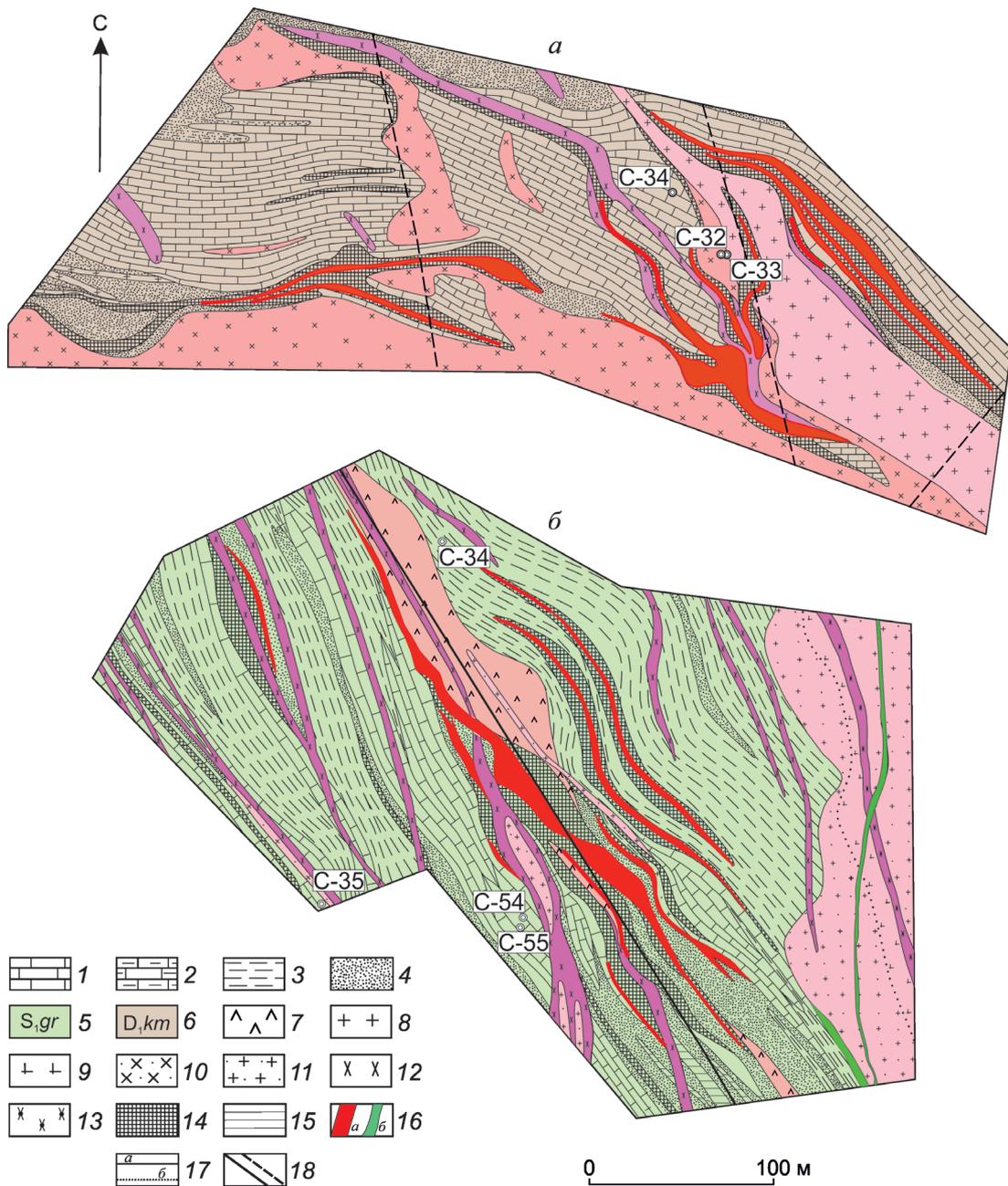


Рис. 2. Схематические планы проявлений Сухая Грива (а) и Баяниха (б) м-ба 1:4000 (по В.А.Рожченко, 2014 г., с дополнениями и упрощениями):

1 – известняки белые и светло-серые, мраморизованные, часто со слоями алевролитов ороговикованных; 2 – мергели; 3 – алевролиты, алевролиты известковистые, аргиллиты часто ороговикованные; 4 – роговики; 5 – отложения громотухинской серии; 6 – отложения камышенской свиты; 7 – дациты, плагиодациты, плагио-риодациты куюганского комплекса (D₂); топольнинская ассоциация (D₂); 8 – лейкограниты, 9 – плагиограниты, плагиогранит-порфиры, 10 – тоналит-порфиры, 11 – гранит-порфиры, 12 – диоритовые порфиры, кварцевые диоритовые порфиры, 13 – монцониты кварцевые субщелочные; 14 – скарноиды клинопироксен-гранатового, гранат-клинопироксенового составов; 15 – кальцит-клинопироксен-пренитовые породы с гранатом; 16 – рудные тела золото-скарнового (а), золото-сульфидно-кварцевого (б) составов; 17 – границы геологические (а), фациальные (б); 18 – разрывные нарушения

стирания контакта на широтное интенсивность оруденения ослабевает. Возможно, локализация наиболее значимого оруденения обусловлена сложной морфологией контакта гранитоидов, наличием прогибов между кровлей массива и его апофизами, а также имеющимся на глубине многочисленными скрытыми телами в известняках, благоприятных для формирования инфильтрационных и биметасоматических скарнов. В свою очередь, на образование апофиз оказала влияние разломная тектоника: по результатам дешифрирования аэрофотоснимков над ними фиксируются два разрывных нарушения северо-северо-западного простирания. Вероятно, уже после становления массива и образования скарнов эти нарушения повлияли на локализацию оруденения: раздувы рудных тел 1 и 2 находятся в зоне воздействия дизъюнктивов.

Содержание Au в отдельных пробах достигает $n \cdot 10$ г/т, составляя обычно первые граммы. Мощность разведочных пересечений варьирует от 0,8 до 16,5 м. На проявлении выделено девять рудных тел протяженностью от 90 до 210 м. Во вторичных геохимических полях проявление выражено аномалией Au неправильной формы, оконтуренной по борту 0,004 г/т. Наиболее обширные аномалии локализованы в центральной и юго-восточной частях проявления, т.е. соответствуют зоне особенно интенсивного оруденения. Вторичные аномалии Au совпадают с аномалиями Bi, Cu и W.

Участок Чертова Яма по геолого-структурной позиции близок проявлению Сухая Грива. Он приурочен к зоне контакта Топольнинского массива и терригенно-карбонатных пород громотухинской серии ордовика–силура. Значимое оруденение в пределах участка не отмечается: содержание Au составляет 1–5 г/т лишь в отдельных пробах, хотя объем скарнов и скарнированных пород существенно больше, видимо, из-за появления габбродиоритов и диоритов (мощность тел от первых метров до 45 м при протяженности 400–650 м). В то же время, на проявлении Сухая Грива сформировались полнопроявленные скарны, а на уч. Чертова Яма значительна доля скарнированных гранатом известняков. Кроме того, здесь наблюдаются «заливы» известняков, подковообразно окруженные апофизами

гранитоидов, по аналогии с проявлением Сухая Грива. Важную роль в локализации оруденения на последнем сыграли линейные разломы северо-северо-западного простирания, в области сочленения которых с дуговыми разломами располагаются главные рудные тела. На уч. Чертова Яма при наличии большого количества дуговых разрывов, конформных осадочной толще и контакту массива и благоприятных для образования скарнов, линейные нарушения не проявлены. Вероятно, отсутствие линейных нарушений послужило причиной того, что золото не сформировало рудные тела, образовало рассеянную минерализацию в пределах скарнов и скарнированных пород. Это хорошо наблюдается во вторичных ореолах: аномалии по борту 0,01–0,09 г/т отражают положение скарновых тел, а ореолы по самому низкому борту фиксируют границы участка. Площадь данных ореолов значительно больше аналогичных на проявлении Сухая Грива. Об отсутствии тектонической нарушенности свидетельствует и незначительное распространение дайковых тел.

Участок Чертова Грива находится в юго-восточной области контакта Топольнинского массива с карбонатными отложениями громотухинской серии ордовика–силура в пределах Баянихинского тектонического блока. Незначительность оруденения участка связана, в первую очередь, с ограниченностью процесса скарнообразования. Несмотря на преобладание карбонатных отложений в разрезе, тела имеют небольшую протяженность и встречаются только вблизи апофиз, главным образом над висячими боками. Состав скарнов и скарнированных пород аналогичен описанным ранее для этой группы. Содержание Au в пробах достигает 4 г/т, но рудные тела не выделяются (В.С.Рузаев, 2002 г.). Наличие всего одной мелкой аномалии Au над скарнами, отсутствие аномалий элементов-спутников говорит о весьма локальных процессах рудогенеза в этой части массива. Субсогласные контакту разломы северо-западной ориентировки, которые протягиваются сюда от проявлений Баяниха и уч. Пропащий Лог, не влияют на скарно- и рудообразование, по-видимому, из-за удаленности от массива. В отличие от других проявлений, где апофизы ориентированы, как

правило, согласно с напластованием или диагонально ему, здесь они секут толщу под прямым углом. Отсутствие на участке даек «пестрого» состава, наличие лишь редких тел диоритов и диоритовых порфиритов не позволяют говорить о длительности тектонических подвижек.

В составе первой группы обособляются участки **Рыбный Лог-1** и **Кемровский**, в которых дайки, осадочная толща, тела скарноидов и скарнов имеют ортогональные взаимоотношения с массивом. Они размещаются вблизи разломов, отделяющих тектонические блоки с разными уровнями эрозионного среза. В составе толщи преобладают терригенные отложения (алевролиты, песчаники) при резко подчиненной роли карбонатных пород. Терригенные породы подвержены ороговикованию, карбонатные – скарнированию. Скарны и скарнированные породы слагают отдельные маломощные прослои, линзы, реже пласты мощностью от 1 до 20 м, протяженностью от 15 до 180 м. Полнопроявленные скарны зафиксированы на уч. Рыбный Лог-2, имеют гранатовый, пироксеновый, везувиан-кальцит-эпидот-пироксен-гранатовый составы и содержат вкрапленность сульфидов, характерных для скарнов на других участках. Дайки отсутствуют или представлены лейкогранитами (уч. Кемровский).

Повышенная (до 1,5 г/т) золотоносность отмечается в зонах березитизированных и окварцованных песчаников мощностью до 12 м (уч. Рыбный Лог-2, по данным [7]), в скарнированных алевролитах, алевропесчаниках с кварц-кальцитовым штокверком мощностью до 1,7 м (уч. Кемровский). Золотоносность скарнов уч. Рыбный Лог-1 позднее не подтвердилась.

Несмотря на близость крупных разрывов и наличие фиксируемых по аэрофотоснимкам разрывных структур, тектоническая нарушенность участков слабая, что подтверждается отсутствием характерных для наиболее перспективных проявлений даек «пестрого» состава и наличием тел лишь поздней стадии становления топольнинской ассоциации. Вторичные ореолы Au и элементов-спутников устанавливаются только в приконтактной зоне массивов, осложненной дайками, и соответствуют зоне рассеянной минерализации. Главную роль в отсутствии значи-

мого оруденения сыграла, вероятно, подчиненная роль карбонатных отложений, а следовательно, и скарнов, а также дискордантные взаимоотношения осадочной толщи и массива.

Ниже приведены общие черты объектов первой группы и ряд отличий, которые повлияли на интенсивность золотого оруденения:

объекты локализованы на контакте гранитоидов массива и существенно карбонатных пачек или же мраморов;

простирание толщ конформно простиранию контакта массива, который осложнен апофизами;

апофизы массива конформны простиранию карбонатных отложений, диагональны или ориентированы вкрест;

встречаются биметасоматические и инфильтрационные скарны, скарнированные породы, положение которых согласно с карбонатной толщей, контактом массива и определяется наличием дуговых разломов, повторяющих изгибы толщ и линии контакта массива;

развитие скарнов благоприятно для последующего рудоотложения, хотя и не гарантирует наличие руды. Рудоотложение, возможно, связано с разломами северо-северо-западной ориентировки, область пересечения которых с дуговыми разломами наиболее благоприятна для отложения золота;

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

обширные ореолы Au и элементов-спутников обычно соответствуют зонам рассеянной минерализации; контрастные и мелкие – областям локального проявления золото-скарновой минерализации; контрастные длиной в сотни метров северо-западного простирания, сопровождающиеся ореолами Cu, Sn, Bi, W, – наиболее перспективным участкам.

Проявление Баяниха, относящееся ко второй группе, расположено в пределах поднятого тектонического блока в области северо-западного контакта Топольнинского массива и громотухинской серии раннего силура. Основное орудене-

ние локализовано в телах золото-скарнового состава при наличии золото-сульфидно-кварцевых рудных тел. Вдоль западного контакта массива, как было установлено на участках Кемровский, Пропаший Лог и проявлении Баяниха, по данным дешифрирования космоснимков выделяется тектонически ослабленная зона северо-северо-западного простирания шириной ~600 м, протяженностью >3,5 км. Она контролирует размещение даек «пестрого» состава и зоны интенсивного скарнирования карбонатно-терригенных пород громотухинской серии с проявлением золото-скарновой минерализации (Н.А.Юшко, 2014 г.). Наиболее интенсивно зона развита на проявлении Баяниха.

Терригенно-карбонатные отложения в пределах рассматриваемого проявления имеют неоднородное линзовидно-пластовое строение с фациальными переходами. Горными выработками выявлено падение толщи под интрузивный массив на северо-восток под углом 75–80°. В пределах проявления рудовмещающая толща состоит из трех частей. Непосредственно на контакте с массивом расположен пласт алевролитов и ороговикованных алевролитов мощностью 90–130 м. По направлению от массива алевролиты сменяются группой сближенных линзовидных тел скарноидов общей мощностью до 75 м в раздувах с пластами мраморов и линзами роговиков. Еще дальше от массива породы представлены алевролитами, известковистыми алевролитами с отдельными пластами известняков, редкими линзами роговиков и скарнов общей мощностью ~30–80 м. Породы слабо скарнированы. В плане извилистый контакт гранитоидов массива не осложнен апофизами и сателлитами. В плане он ориентирован субпараллельно или диагонально под углом 10–15° к толще осадочных пород.

Наиболее ранние дайковые образования – дациты и риодациты куяганского комплекса – слагают субпараллельные, часто «слепые» тела мощностью 5–50 м, протяженностью до 250 м в центральной части проявления, конформные осадочным отложениям и рудным телам. На проявлении преобладают дайки диоритового состава: кварцевые диоритовые порфириды, кварцевые диориты, монцодиориты, монцодиоритовые

порфириды, кварцевые монцодиориты, связанные со второй фазой внедрения Топольнинского интрузива. Их мощность от первых до 10 м, иногда достигает 30 м в раздувах при протяженности 60–300 м. Реже встречаются плагиогранит-тоналит-порфиры, а также гранит-порфиры, граниты, сиениты, которые предположительно относятся к третьей стадии внедрения.

Скарноиды локализованы в центральной части проявления, где они слагают группу сближенных линзовидных тел, осложненных ответвлениями. В пределах скарноидов отмечаются линзы роговиков и ороговикованных пород. Протяженность линз до 300 м при мощности 2–70 м. Тела вытянуты согласно с простиранием толщи северо-западного направления, падение крутое на северо-восток под Топольнинский массив под углом 80–85°. Основное тело пространственно тяготеет к участку недр, наиболее осложненному разновозрастными дайками. Все скарноиды удалены от контакта массива на расстояние 45–85 м. Самые мощные их зоны находятся на удалении от массива, где отвечают, вероятно, наиболее мощной терригенно-карбонатной толще.

Скарноиды проявления Баяниха по текстурно-структурным характеристикам отличаются от близких по составу массивных скарнов проявления Сухая Грива. Преобладают тонкозернистые пятнисто-полосчатые и линзовидно-полосчатые разновидности. Породы представляют собой ороговикованные мергели, в которых фиксируются линзы, пятна и обособления тонко-мелкозернистых клинопироксен-гранатовых скарнов. Количество скарновых минералов может колебаться от 5 до 60%. Иногда скарны в виде пятен, полосок и линз развиты в мраморизованных известняках. Метасоматиты с содержанием граната 15–60% правильнее называть скарноидами. Причины неравномерности проявления процесса скарнообразования может быть несколько. Не исключено, что сказались отличие исходных пород: скарны на проявлении Сухая Грива развиваются преимущественно по известнякам, а скарноиды проявления Баяниха – по глинистым карбонатным породам. Вероятно, повлияла и близость теплового источника: полнопроявленные скарны проявления Сухая Грива возникли непосредственно

на контакте гранитоидов массива и осадочной толщи, а скарноиды проявления Баяниха – в 100–150 м от интрузивного контакта.

Четкий характер контактов и отсутствие зональности скарноидов относительно даек различного состава не позволяют говорить о роли последних в скарнообразовании. Не исключено, что скарноиды проявления Баяниха имеют инфильтрационную природу и связаны с удаленным источником флюидов, которым может быть скрытая на глубине часть Топольнинского массива. Как установлено по результатам документации канав и скважин, терригенно-карбонатная толща и массив падают навстречу друг другу под углом 20–25°.

Можно говорить о существовании двух благоприятных предпосылок для формирования скарноидов с последующим рудоотложением:

наличие мощной (80–100 м) крутопадающей пачки неоднородного известняково-мергелистого состава, являющейся благоприятной средой для образования тел рудоносных скарнов;

наличие тектонически ослабленной зоны (с простираем, совпадающим с рудовмещающей толщей), контролирующей рудоотложение, размещение наиболее мощных и протяженных даек «пестрого» состава.

Основное оруденение локализовано в скарноидах. Появление наиболее мощных рудных тел и тел с повышенными содержаниями Au до 34 г/т (М.Ф.Розен, 1957 г.), возможно, связано с наложением на скарны золото-сульфидно-кварцевой минерализации, проявленной на участке. Это подтверждается наложением березитоподобных метасоматитов хлорит-карбонат-кварцевого состава на скарны и увеличением мощности рудных скарнов над апикальной частью риодацитов куйганского комплекса со слабозолотоносными зонами серицитизации, карбонатизации и окварцевания (разрез по скважинам С-54, 55). Максимальная протяженность главного тела золотоносных скарнов 230 м при мощности 1–21 м. Золоторудные тела выявлены в скарноидах, слабо скарнированных породах, а также в алевролитах и гранитоидах. В южной части проявления на контакт гранит-порфиров массива с алевролитами наложена зона окварцевания мощностью 0,5–3,6 м при содержании Au до

1 г/т. Жильно-прожилковая зона мощностью 0,2–5,0 м в породах массива (см. рис. 2, б), ориентирована субмеридионально, содержание Au до 14 г/т. Рудные тела достаточно четко фиксируются по вторичным аномалиям Au и элементов-спутников – Cu, Bi, Ag, As, Sb, W, Mo. По направлению от гранитоидов к терригенно-карбонатной толще и скарноидам количество Mo и W убывает при увеличении концентраций Au, Ag, Cu, Bi, Sb (Н.А.Юшко, 2014 г.).

Проявление Лог-26 находится вблизи западного контакта Караминского массива, осложненного разрывными нарушениями и интенсивно интродуцированного дайками, в пределах опущенного Нижнекараминского тектонического блока. Стратифицированные образования в северной части проявления имеют северо-северо-восточное простираем при падении на западо-северо-запад, которое к югу плавно меняется на северо-западное при юго-западном падении. Падение толщи крутое, 70–85° в направлении от массива.

Как и на проявлении Баяниха, локализирующую оруденение роль играет пачка терригенно-карбонатных пород, сложенная пластами и линзами ороговикованных алевролитов, скарноидов, роговиков, мраморов, метаморфизованных мергелей и глинистых известняков общей мощностью 70–150 м. К востоку, в сторону массива, она сменяется пачкой роговиков и ороговикованных пород, к западу – мраморизованными известняками.

Гранитоиды на объекте не вскрыты. Тоналит-порфиры, рассматриваемые как послонные сателлиты массива, в действительности представляют собой дайки дацитов, аналогичные кислым вулканитам проявления Баяниха. Предположительно, массив погружается под осадочную толщу. Преобладают многочисленные дайки риолит-гранит-порфиров, связанные фациальными переходами, диоритовых порфиритов, реже долеритов, единичных андезидацитов. Тела параллельны контакту массива и конформны простираем толщи осадочных отложений. Редкие дайки диоритовых порфиритов ориентированы вкрест толщи и контакта гранитоидов массива.

Скарноиды слагают линзо-, чаще пластообразные тела, которые по мощности уступают

скарноидам проявления Баяниха (2–15, реже до 30 м), но обладают большей протяженностью (150–1000 м). По составу и текстурно-структурным особенностям они аналогичны скарноидам проявления Баяниха. Простираение и падение пород согласуются с элементами залегания толщи и конформны дайкам. Основное промышленное оруденение приурочено к скарнированным породам. Мощность разведочных пересечений от 1–8 до 15–22 м, протяженность рудных тел 215–810 м. То есть мощности рудных тел близки, но на проявлении Лог-26 рудные тела в 2–2,5 раза протяженнее. Содержание Au по пробам достигает 40 г/т. Обильная сульфидная вкрапленность на объекте (в сумме около 3–5%) представлена пиритом, халькопиритом, пирротинном, реже борнитом, арсенопиритом, сфалеритом и другими минералами. Золотое оруденение наложено главным образом на скарны, хотя наиболее мощные золоторудные пересечения совмещают золотоносные скарны, риолиты, андезит-дациты куяганского комплекса и монцодиорит-порфиры топольнинской ассоциации. Мощность рудных тел возрастает, вероятно, к областям пересечения разрывных нарушений северо-западной и северо-восточной ориентировок.

Во вторичных ореолах мраморизованная, ороговикованная и скарнированная осадочная толща выражена обширной аномалией, внутри которой по более высоким бортам выделяются ореолы северо-западного простираения. Аномалиям золота соответствуют аномалии элементов-спутников, хотя геохимическая картина здесь не такая отчетливая, как на проявлении Баяниха: ореолы Au отвечают выделяемым рудным телам, а аномалии элементов-спутников протягиваются вдоль разломной зоны дальше к юго-востоку от известных рудных тел и ореолов Au.

Таким образом, на проявлении Лог-26 наблюдается максимальная на рудном поле протяженность даек, скарноидов и рудных тел, несмотря на значительное удаление от массива. Вероятно, это связано главным образом с наличием здесь зоны долгоживущих разломов северо-западной ориентировки, которая предопределила развитие протяженных северо-западных тел скарнов и даек. О существенной тектонической нарушен-

ности проявления свидетельствуют также количество и разнообразие состава даек; в сумме на их долю приходится ~30–50% площади.

Участок Пропаций Лог расположен к юго-востоку от проявления Баяниха в зоне влияния разломной зоны северо-западного простираения, о которой говорилось выше. Предполагалось, что участок перспективен на выявление скарновых зон, аналогичных таковым на проявлении Баяниха. Однако осадочная толща здесь иного строения. Северо-западная часть участка сложена алевролитами, в меньшей степени песчаниками с редкими прослоями мраморизованных известняков. В юго-западной части на контакте с диоритами и габбродиоритами Топольнинского массива локализованы мраморизованные известняки, которые к западу сменяются алевролитами. В отличие от проявления Баяниха падение контакта субвертикальное.

Развитие дайкового комплекса на участке из-за неравномерной изученности горными выработками оценить довольно сложно. По данным бурения и геологических маршрутов здесь фиксируются дайки диоритовых порфиритов северо-западной ориентировки, субсогласные с простираением осадочной толщи. Скарны кальцит-эпидот-клинопироксен-гранатового и клинопироксен-гранатового составов образуют узкую полосу мощностью до 1 м вдоль контакта массива с известняками. Повышенные содержания Au не обнаружены. По результатам литохимических работ слабоконтрастные аномальные геохимические поля выделены только в северо-западной части перспективного участка. Они имеют северо-западную ориентировку, подчеркивая северо-западное простираение разломной зоны, протягивающейся от проявления Баяниха к юго-востоку. Эти аномалии не получили заверки.

Вполне вероятно, что отсутствие значимых зон скарнирования при наличии благоприятных условий следует объяснять, прежде всего, субвертикальными контактами массива. Здесь осадочная толща в зоне контакта имеет терригенный или чисто карбонатный состав, в то время как для формирования скарноидов благоприятны толщи существенно неоднородного терригенно-карбонатного. Также следует отметить меньшую тектоническую нарушенность юго-вос-

точной части уч. Пропаший Лог по сравнению с северо-западной, где развиты наиболее интенсивные контрастные ореолы Au. Наличие даек лишь диоритового состава, связанных со становлением второй фазы массива, не позволяет говорить о длительности тектонических подвижек в этой его части.

Участок Кирпичный занимает промежуточное положение между объектами первой и второй групп. С одной стороны, он расположен на диаметрально противоположной части контакта Караминского массива от проявления Лог-26 и обладает чертами сходства с последним: карбонатно-терригенная толща конформна контакту массива, а немногочисленные тела скарнов и скарноидов линейно вытянуты вдоль простирания толщи и контакта. В то же время, массив слагает апофизу, окружая пласт терригенно-карбонатных пород, по которым также образуются скарны. Это сближает участок с объектами первой группы.

Дайковые тела практически отсутствуют, что указывает на слабую тектоническую нарушенность участка. На последнем выявлены обширные аномалии Au, Bi, As, Cu, Sn северо-западного простирания. Аналогично уч. Чертова Яма контуры уч. Кирпичный хорошо фиксируются по обширному ореолу Au по борту 0,004 г/т, который возникает преимущественно над осадочными породами, а над гранитоидами проявлен частично.

Золоторудная минерализация на уровне до 1,5 г/т сосредоточена в основном в скарнах северо-западного простирания, незначительное количество Au (до 0,7 г/т) установлено в роговиках, алевролитах. Минерализованные зоны в диоритах массива содержат Au до 2,0 г/т. Невысокие содержания золота и ограниченный масштаб оруденения, наряду с немногочисленными телами скарнов и слабой тектонической нарушенностью при широких вторичных ореолах Au и элементов-спутников, позволяют говорить о формировании рассеянной минерализации над пологим погружением массива под существенно терригенные толщи. Ввиду отсутствия тектонически ослабленных зон и незначительной доли скарнов золото, вероятно, не могло локализоваться

в виде протяженных и мощных рудных тел, как на проявлениях Лог-26 или Баяниха, и сформировало рассеянную минерализацию.

Таким образом, вторая группа участков 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 чередованием алевролитов, известняков, известковистых алевролитов, мергелей, что обуславливает ослабленность участка недр вблизи массива и, следовательно, повышенную проницаемость толщи при метасоматозе;

наличие вблизи массива зоны линейных разрывов северо-западного и северо-северо-западного простирания, конформных простиранию осадочных отложений и контакту массива, что создает благоприятные условия для проникновения и разгрузки пневматолит-гидротермальных растворов с образованием метасоматитов (скарнов, пропилитов, карбонат-серицит-кварцевых метасоматитов) и последующим рудоотложением;

наличие поперечных разрывов северо-восточной ориентировки, что приводит к образованию рудных столбов (проявление Лог-26);

падение массива под осадочный чехол, что более благоприятно для метаморфического прогрева толщи и последующего метасоматоза, чем субвертикальные контакты;

наличие разновозрастных даек «пестрого» состава, что является отражением длительной тектонической нарушенности участка недр; дайки куюганского комплекса создают дополнительное дорудное ослабление вблизи контакта.

Основное оруденение локализовано в скарноидах, которые имеют инфильтрационную природу и содержат редкую неравномерную вкрапленность сульфидов меди, висмута, пирита, арсенопирита и др. Встречаются также золотоносные кварцевые жилы, зоны окварцевания и березитизации в гранитоидах массива и дай-

Геолого-поисковая модель золоторудных проявлений Топольнинского рудного поля

Элементы модели (факторы, критерии, признаки)	Характеристика элементов модели
Геолого-структурная позиция рудного поля	Система блоков, осложняющих северо-восточное обрамление тектоно-магматического поднятия
Геолого-структурная позиция золоторудных проявлений	Тектонизированные экзоконтактовые зоны массивов гранитоидов, осложненные их апофизами и насыщенные дайками «пестрого» состава
Рудовмещающие образования	Интенсивно дислоцированные терригенно-карбонатные толщи (S_1-D_2)
Магматические образования (продуктивные)	Гранитоиды габбро-гранодиорит-гранитного комплекса, комплекс даек «пестрого» состава
Рудоконтролирующие нарушения	Системы разрывов, конформных залеганию пород рудовмещающей толщи, в сочетании с фрагментами линейных (секущих) разрывов
Морфология рудных тел	Линзовидные, пластообразные, крутопадающие тела золотоносных скарнов, минерализованные зоны золото-сульфидно-кварцевого состава
Контактово-измененные рудовмещающие толщи	Роговики кварц-биотитового, кварц-биотит-полевошпатового и прочего составов (по терригенным образованиям), в разной степени мраморизованные карбонатные породы
Гидротермально измененные породы:	
площадные	Ранние – альбит-амфибол-эпидот-хлорит-карбонатные пропилиты в сочетании с жилами и жильно-прожилковыми зонами близкого состава Поздние – кварц-серицитовые и кварц-серицит-карбонатные (березитоподобные) метасоматиты наиболее интенсивно проявлены в тектонизированных терригенных блоках
околорудные	Ранние – пропилиты амфибол-эпидот-хлорит-кварц-карбонатного состава (в скарнах и дайках среднего состава) Поздние – березиты кварц-серицит-карбонат(анкерит)-пиритового состава в терригенных породах и дайках кислого состава
Продуктивный минеральный комплекс	Золото-халькозин-халькопирит-борнитовый (с теллуридами Bi, Ag и т.д.); золото-сульфидно-кварцевый (пирит, арсенопирит, галенит, халькопирит, блеклые руды (?))
Вещественный состав руд:	
рудные минералы	Магнетит, борнит, халькопирит, халькозин, ковеллин, блеклые руды, теллуриды Bi, Ag, Pb и т.д.; пирит, пирротин, арсенопирит, халькопирит
нерудные минералы	Гранат, клинопироксен, амфибол, эпидот, хлорит, кварц, серицит, карбонаты
Типоморфная характеристика самородного золота:	
в скарнах	Весьма мелкое, правильные формы редки – искаженные кристаллы, цепочковидные сростки, дендритоиды. Преобладают частицы неправильного (комковидные, интерстициальные, реже трещинно-прожилковые) и смешанного (гемидиоморфные) типов. Срастания золота с висмутином, тетрадимитом, кварцем, клинопироксеном. Пробность от 775 до 891%, средняя 844%. Элементы-примеси – Te, Hg, Bi (?)
в жильно-прожилковых зонах	В целом весьма мелкое и мелкое. Правильные формы – единичные искаженные кристаллы. Преобладают неправильные (комковидные, трещинно-прожилковые, интерстициальные) формы выделений при заметной роли смешанных. Включения сульфидов (арсенопирит), кварца, глинистых минералов. Пробность от 887,74 до 966,60%, средняя 938,83%. Элементы-примеси – Cu
Геохимическая характеристика руд:	
в скарнах	В первичных и вторичных ореолах рудным телам соответствуют поля Bi, Cu, Sn, Zn, W
в жильно-прожилковых зонах	В первичных и вторичных ореолах рудным телам соответствуют поля As, W, реже Pb

ках «пестрого состава». Таким образом, объекты второй группы – наиболее перспективны.

Как видно из сравнения проявлений Сухая Грива и Баяниха первой и второй групп, интенсивность скарнового процесса не оказывает существенного влияния на рудоотложение: уровни содержаний золота в скарнах сопоставимы с таковыми в скарноидах. Это говорит о том, что скарнированные породы являются лишь благоприятной средой для отложения золота. Они в большей степени подвержены хрупким деформациям, приводящим к формированию трещин и пустот с последующим отложением в них золота, чем вязкие известняки и алевролиты, которые при тектонических нагрузках претерпевают пластические деформации. С учетом полученных данных авторами составлена предварительная геолого-поисковая модель золоторудных проявлений Топольнинского рудного поля (таблица).

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Бедарев Н.П., Гусев А.И. Геология и золотоносность Топольнинского рудного поля // Руды и металлы. 1998. № 2. С. 100–109.
2. Вахрушев В.А. Минералогия, геохимия и образование месторождений скарново-золоторудной формации. – Новосибирск: Наука, 1972.
3. Государственная геологическая карта м-ба 1:200 000. Серия Алтайская. Лист М-45-1 (Солонешное). Объяснительная записка и карта полезных ископаемых. – СПб.: ВСЕГЕИ, 2001.
4. Гусев А.И. Металлогения золота Горного Алтая и юга Горной Шории: Автореф. дис... д-ра геол.-минер. наук. – Томск, 2006.
5. Гусев Н.И., Гусев А.И. Золотогенерирующие рудно-магматические системы Горного Алтая // Руды и металлы. 1998. № 2. С. 67–78.
6. *Метасоматизм* и метасоматические породы / В.А.Жариков, В.Л.Русинов, А.А.Маракушев и др. – М.: Научный мир, 1998.
7. *Петрология* и рудоносность магмо-рудно-метасоматических систем Солонешенского рудного района Алтая / А.И.Гусев, Н.И.Гусев, Е.М.Табакаева и др. – Бийск: АГАО им. В.М.Шукшина, 2013.
8. Рузаев Р.В., Тимкин Т.В. Геологическое строение Топольнинского рудного поля // Проблемы геологии и освоения недр: Тр. VII Международного симпозиума студентов, аспирантов и молодых ученых. – Томск, 2003. С. 61–62.
9. Савинова О.В. Условия формирования и прогнозно-поисковые критерии золотого оруденения в Топольнинском рудном поле (Горный Алтай): Автореф. дис... канд. геол.-минер. наук. – Томск, 2014.
10. Семенцов Б.Г. Стадийность золотооруденения Топольнинского рудного поля на севере Горного Алтая // Природные ресурсы Горного Алтая. 2004. № 1. С. 27–31.
11. Тимкин Т.В., Логвиненко О.В. Особенности геохимической зональности рудопроявления «Чертова Яма» Топольнинского золоторудного поля (Алтайский край) // Интерпретация и оценка разноранговых рудогенных геохимических аномалий в сложных ландшафтно-геологических условиях: Мат-лы конференции. М., 2013. С. 39–40.

А.В.Окулов,
аспирант ФГУП ЦНИГРИ
okulovav@mail.ru

В.А.Рожченко,
ведущий геолог
gapse@mail.biysk.ru

GEOLOGY AND POSITION OF GOLD OCCURRENCES IN TOPOLNINSKY ORE FIELD, ALTAI

A.V.Okulov,
V.A.Rozhchenko

Geology of Topolninsky ore field and position of known gold occurrences and promising properties recently studied in detail is described. Targets differing in formative environment characteristics are outlined. Key controls of the gold prospectivity are revealed, a preliminary exploration model is designed for Topolninsky ore field.

Key words: gold, formative environment, target, prospectivity, Altai.