

Михалицына Татьяна Ивановна

**РОЛЬ ЛИТОЛОГО-СТРАТИГРАФИЧЕСКОГО ПЕРМСКОГО УРОВНЯ
В ФОРМИРОВАНИИ БОЛЬШЕОБЪЕМНОГО
ЗОЛОТОГО ОРУДЕНЕНИЯ АЯН-ЮРЯХСКОГО АНТИКЛИНОРИЯ
(ЮЖНЫЙ ФЛАНГ ЯНО-КОЛЫМСКОГО ПОЯСА)**

Специальность 25.00.11 – геология, поиски и разведка
твердых полезных ископаемых; минерагения

АВТОРЕФЕРАТ
диссертации на соискание ученой степени
кандидата геолого-минералогических наук

Работа выполнена в Северо-Восточном комплексном научно-исследовательском институте Дальневосточного отделения Российской академии наук.

Научный руководитель: член-корреспондент Российской академии наук, профессор
Горячев Николай Анатольевич

Официальные оппоненты: доктор геолого-минералогических наук, гл.н.с.
Плюснина Лаура Павловна
(Дальневосточный геологический институт ДВО РАН, г. Владивосток)

доктор геолого-минералогических наук, гл.н.с.
Степанов Виталий Алексеевич
(Научно-исследовательский геотехнологический центр Дальневосточного отделения Российской академии наук, г. Петропавловск-Камчатский)

Ведущая организация: Дальневосточный федеральный университет
(г. Владивосток)

Защита состоится 28 октября 2011 г. в 14 час на заседании диссертационного совета Д-005.006.01 в Дальневосточном геологическом институте ДВО РАН по адресу: 690022, г. Владивосток, Пр. 100-летия Владивостока, 159, ДВГИ.

С диссертацией можно ознакомиться в Центральной научной библиотеке ДВО РАН по адресу: г. Владивосток, пр. 100-летия Владивостока, 159

Автореферат разослан « ____ » сентября 2011 г.

Ученый секретарь
диссертационного совета
кандидат геолого-минералогических наук



Б.И. Семеняк

ВВЕДЕНИЕ

Настоящая работа является результатом региональных и детальных исследований, проведенных автором на территории юго-восточной части Яно-Колымского орогенного пояса, который отличается уникальной золотоносностью. Здесь располагаются коренные месторождения золота (56), свыше 400 рудопроявлений и множество пунктов минерализации, сопровождаемых 1541 промышленным россыпным месторождением. Общая добыча золота к настоящему времени составила более 2000 т, потенциал – около 3000 т.

Актуальность исследования. Работа направлена на решение актуальной проблемы выяснения роли пермского стратиграфического уровня в локализации золотого оруденения в Аян-Юряхском антиклинории. Значительная часть золотого оруденения Яно-Колымского орогенного пояса локализована в кварцевых жилах, размещающихся в углеродсодержащих осадочных толщах пермского возраста, также в этих толщах обнаружены месторождения золото-сульфидно-вкрапленного типа. Их геологии, минералогии, геохимии и генезису посвящено много работ (Буряк и др., 2001). Вместе с тем рудовмещающие осадочные толщи и условия формирования, их метаморфические преобразования и роль этих процессов в образовании золоторудных месторождений изучены еще крайне слабо. В настоящее время, когда внимание геологоразведочных и горнодобывающих предприятий приковано именно к золото-сульфидно-вкрапленному типу оруденения как стабильному по концентрациям металлу в рудах и большеобъемному по их запасам, постановка подобных исследований имеет не только фундаментальное, но и прикладное значение. Наиболее крупные рудные месторождения золота Верхне-Колымского региона расположены на территории Аян-Юряхского антиклинория, что и определило его выбор в качестве главной геологической структуры для исследований.

Цель и задачи. Основной целью исследований является определение роли литолого-стратиграфического фактора, а также метаморфических и гидротермально-метасоматических процессов в формировании большеобъемных месторождений золота Аян-Юряхского антиклинория.

Для достижения поставленной цели необходимо было решить следующие задачи: 1) определить литолого-стратиграфический контроль золотого оруденения; 2) изучить вещественный состав и условия формирования терригенных пород; 3) определить их фоновую золотоносность как одного из возможных источников рудной минерализации; 4) определить типоморфные минеральные и геохимические ассоциации регионально-метаморфизованных и гидротермально-измененных терригенных пород; 5) установить закономерности распределения благородных металлов в процессе метаморфогенных и гидротермально-метасоматических преобразований.

Фактический материал и методика исследований. В основу работы положены материалы, полученные автором при полевых и лабораторных исследованиях в лаборатории рудогенеза СВКНИИ ДВО РАН в течение 1995–2009 гг. в процессе выполнения НИР по программам РАН и грантов ДВО РАН № 03-3-Г-08-074, № 09-III-A-08-445. При непосредственном участии автора проведены геологические и геохимические исследования в центральной и юго-западной части Аян-Юряхского антиклинория. На золоторудном месторождении Наталка изучены раз-

резы, пересекающие рудные тела и рудные зоны № 3, 3/62, 63, «Участковая», 8/23 на горизонтах +600 и +650 м. Проведено петрографическое исследование около 700 шлифов гидротермально-метаморфизованных пород, 400 шлифов по стратиграфическим разрезам. В аналитическом центре СВКНИИ ДВО РАН выполнены рентгенофлуоресцентный, атомно-эмиссионный спектральный анализы вмещающих пород и руд (более 1000 образцов). Содержание редкоземельных элементов, элементов платиновой группы и золота определялось масс-спектрометрическим методом с индуктивно-связанной плазмой ICP-MS (г. Хабаровск, ИТиГ), всего проанализировано 105 образцов пород и руд; также определялось содержание золота в осадочных породах (400 образцов) атомно-абсорбционным методом в аналитических лабораториях СВКНИИ ДВО РАН и ОАО «Магадангеология».

Для целей реконструкции обстановок формирования пород использовалась система петрохимических модулей Я.Э. Юдовича и М.П. Кетрис (2000), диаграммы А.Н. Неелова (1980) и Ф. Петтиджона (1984), М.М. Хирона (1988). Степень зрелости вещества, поступившего из областей размыва, количественно оценивалась с помощью известных петрохимических отношений – CIA (Nesbit, Young, 1982), CIW (Harnois, 1988). Вероятный дометаморфический нормативный минеральный состав пород рассчитывался с помощью программы MINLITH по их химическим анализам (Розен и др., 1999). Для оценки дальности переноса терригенного материала было использовано отношение Ti/Zr (Скляр и др., 2001). Реконструкция окислительно-восстановительных условий в придонном слое воды производилась с помощью индексов U/Th, Ni/Co. Для определения природы протолита использовался анализ спектров РЗЭ, а также дискриминационная диаграмма Th-La-Sr (Bhatia, 1983).

Научная новизна. Впервые обоснованы стратиграфические уровни золотоносности и получена комплексная вещественная и геохимическая характеристика основных рудовмещающих подразделений пермского возраста, к которым приурочена большая часть месторождений и рудопроявлений золота. Выявлены закономерности распределения в них золота, серебра и элементов платиновой группы, а также редкоземельных элементов. Установлена первичная обогащенность благородными металлами рудовмещающих горизонтов разреза, что явилось важной исходной предпосылкой для формирования крупных золоторудных месторождений в регионе.

Практическое значение. Выявленные особенности вещественного состава пермских отложений Аян-Юряхского антиклинория, условия образования и минерализации этих толщ, а также факторы, благоприятные для локализации большеобъемного оруденения, могут быть использованы для прогнозирования благородно-металлических рудных объектов и являются обоснованием литолого-стратиграфических металлотектов для средне- и крупномасштабных металлогенических карт. Исследования автора явились частью четырех научно-исследовательских и производственных отчетов, выполненных по заказам производственных предприятий.

Защищаемые положения.

1. Верхнепермские отложения Аян-Юряхского антиклинория играли важную роль в формировании крупнейших месторождений золота (Наталкинское) на юго-восточном фланге Яно-Колымского пояса, что обусловлено изначально по-

вышенной золотоносностью отложений, связанной с наличием в них вулканогенной составляющей.

2. Вынос золота из осадочных толщ и его поступлению в рудообразующие флюиды способствовал дислокационный метаморфизм в зонах крупных разломов, сопровождавшийся образованием новых минеральных парагенезисов.

3. На месторождении Наталкинское установлена последовательность гидротермальных изменений регионально преобразованных вмещающих пород от предрудного существенно карбонатного метасоматоза и ранней рудоносной березитизации к околожильным кварц-альбит-арсенопиритовым преобразованиям. Слабое проявление процессов ранней рудоносной березитизации на месторождении обусловило доминирование жильно-прожилковой сульфидно-кварцевой минерализации и связанной с ней околожильной арсенопиритизацией.

Апробация работы и публикации. По теме диссертации опубликовано 20 работ, в том числе (соавторство) 3 статьи в рецензируемых журналах и участие в коллективной монографии. Отдельные результаты исследований были представлены в виде докладов на: региональной научной конференции «Северо-Восток России: прошлое, настоящее, будущее» (Магадан, 1998); IV региональном петрографическом совещании по Северо-Востоку России (Магадан, 2000); региональной научно-практической конференции, посвященной 100-летию со дня рождения Ю.А. Билибина (Магадан, 2001); Всероссийской научной конференции, посвященной памяти акад. К.В. Симак и в честь его 70-летия (Магадан, 2005); научной конференции «Благородные и редкие металлы Сибири и Дальнего Востока: рудообразующие системы месторождений комплексных и нетрадиционных типов руд» (Иркутск, 2005); Дальневосточной региональной конференции, посвященной памяти А.П. Васильковского (Магадан, 2006); Всероссийской конференции с международным участием, посвященной памяти Л.М. Парфенова (Хабаровск, 2007); Международном форуме «Золото северного обрамления Пацифика» (Магадан, 2008).

Структура и объем работы. Диссертационная работа состоит из введения, 5 глав и заключения. Общий объем 163 страницы; содержит 31 таблицу, 53 иллюстрации и список литературы, включающий 179 источников.

Благодарности. Глубокую признательность автор выражает чл.-корр. РАН Н.А. Горячеву за консультации и помощь при подготовке диссертации. Внимание и поддержку работе уделяли представители и горно-геологических предприятий: В.А. Сидоров, к. г.-м. н., засл. геолог РФ Ю.В. Прусс, С.В. Межов, Н.Л. Алевская. В совместных исследованиях и обсуждении материала принимали участие к. г.-м. н. В.А. Приставка, к. г.-м. н. В.В. Алпатов, д. г.-м. н. Г.Н. Гамянин, д. г.-м. н. Н.Е. Савва, д. г.-м. н. А.С. Бяков, к. г.-м. н. Т.Б. Русакова, Е.М. Зименко, Е.В. Алексеенко, к. г.-м. н. Ю.Ю. Иванов, И.Л. Ведерников, к. г.-м. н. М.Л. Гельман, д. г.-м. н. И.Л. Жуланова, к. г.-м. н. В.М. Шарафутдинов, к. г.-м. н. И.М. Хасанов, за что автор им искренне благодарен. Особую признательность автор выражает сотрудникам ДВГИ ДВО РАН д. г.-м. н. Ю.Г. Волохину, д. г.-м. н. В.Г. Гоневчуку, д. г.-м. н. В.Т. Казаченко, д. г.-м. н. Л.П. Плюсиной, к. г.-м. н. А. И. Малиновскому, к. г.-м. н. И.И. Фатьянову за ряд ценных советов и замечаний при написании данной работы.

ОСНОВНОЕ СОДЕРЖАНИЕ РАБОТЫ

Глава 1. Проблема генезиса золото-кварцевых месторождений и источников золота в исследованиях предшественников. Выполнен краткий обзор имеющихся литературных данных, посвященных генезису орогенных крупнообъемных благороднометалльных (золото-платиноидных) месторождений, локализованных в углеродсодержащих (черносланцевых) толщах. Были высказаны самые различные точки зрения на их образование – от магматогенного (Билибин, 1955; Апельцин, 1956; Матвеев, Шаталов, 1958; Рожков и др., 1971; Гамянин, 1974; Шило и др., 1988; Соболев, 1989); метаморфогенного (Фирсов, 1966, 1965; Судовиков, 1964; Серебряков, 1968; Boyle, 1976; Буряк и др., 1988; Сидоров, Волков, 1998; Сидоров, Томсон, 2000) до гидротермально-осадочного (Константинов и др., 1988; Константинов, 1993; Hutchinson, 1993), осадочного (Гарьковец, 1976; Barton, 1976) и вулканогенно-осадочного (Barnet, 1982; Tomish, 1986) рудообразования. В исследованиях А.А. Сидорова, А.В. Волкова, И.Н. Томсона, отмечается, что при образовании эндогенных месторождений в качестве промежуточного источника золота могут выступать зоны сульфидно-вкрапленной минерализации в черносланцевых толщах, которые являются базовыми формациями. В последние годы появились модели, предполагающие образование на ранних стадиях орогенного этапа развития Яно-Колымской складчатой системы метаморфогенного, а на заключительных – магматогенного золото-кварцевого оруденения (Гончаров и др., 2002; Горячев, 1998, 2003). В работах О.В. Япаскурта (1999); В.Н. Холодова, Е.М. Шмаривич (1992); В.Н. Холодова (2000); рассматривается тесная связь рудообразующих процессов в осадочных толщах с особенностями литогенеза и полнотой проявления постседиментационных преобразований, определяемых в свою очередь конкретной геодинамической обстановкой. Д.В. Рундквист (1997), помимо рудоносных этапов, выделяет более длительный период предыстория формирования месторождений, включающий этапы накопления и постседиментационного преобразования осадочных пород.

Были выделены самостоятельные рудные формации – углеродисторудная (Гарьковец, 1976), черносланцевая (углеродистая) золото-платиноидная (Буряк и др., 2002), золото (мышьяковисто)-сульфидная и золото-кварцевая формации (Константинов и др., 2000).

Проведенный анализ литературных данных позволяет рассматривать предысторию формирования золоторудных месторождений в углеродисто-терригенных комплексах в рамках рудно-литогенных систем. В свете этого применительно к рудовещающим терригенным толщам Яно-Колымского орогенного пояса недостаточно изученными остаются следующие вопросы: поведение золота при различных геологических процессах, роль вмещающих пород, их литолого-геохимические характеристики, закономерности размещения золотого оруденения в зависимости от литолого-стратиграфических подразделений осадочных пород. В связи с этим были выбраны объекты, которые позволили с применением современных методов исследования получить новый фактический материал по вещественному составу в различной степени измененных пород.

Глава 2. Геологическое строение Аян-Юряхского антиклинория. Закономерности локализации золоторудных месторождений. Основные результаты исследований по геологии Яно-Колымского орогенного пояса и Аян-Юряхского

антиклинория, отражены в частности, в коллективных монографиях (Геология СССР, т. XXX, 1970; Геодинамика, магматизм и металлогения Востока России, 2006). основополагающими работами по изучению метаморфизма терригенных толщ Аян-Юряхского антиклинория являются исследования М.Л. Гельмана, М.П. Крутоус, С.С. Федоровой. Литологией и разработкой вопросов стратиграфии пермских отложений рассматриваемого района в разное время занимались Ю.Н. Попов, В.А. Цареградский, Х.И. Калугин, О.Г. Эпштейн, А.С. Бяков, И.Л. Ведерников. В настоящее время наиболее обоснованной является стратиграфическая схема А.С. Бякова и И.Л. Ведерникова (1990), которая положена в основу данной работы.

Стратиграфия. Аян-Юряхский антиклинорий протягивается в северо-западном направлении на 500 км при ширине около 90 км. На современном эрозионном уровне обнажаются главным образом пермские морские терригенные образования мощностью 5300–7200 м, которые перекрываются в центральной части антиклинория и его северо-западном фланге триасовыми отложениями мощностью до 3000 м. Отложения полифациальны по вертикали и по латерали. В пределах антиклинория пермские отложения подразделены на следующие свиты (снизу вверх): родионовскую (P_{1rd}), пионерскую (P_{1-pn}), атканскую (P_{3at}), омчакскую (P_{3om}) и старательскую (P_{3st}). Границы между отложениями всех свит, а также пермских и триасовых пород – согласные.

Родионовская свита обнажается в ядре Тенькинской антиклинали, сложена аргиллитами, алевролитами и песчаниками, имеет флишоидное строение. Видимая мощность – 850 м. К нижнему отделу перми отнесена и нижняя часть нижней подсвиты *пионерской свиты*, мощность которой составляет 650 м. Сложена неяснослоистыми углистыми и алевроитовыми аргиллитами часто с рассеянной песчаной примесью. К среднему отделу перми относятся вышележащие отложения *пионерской свиты*. Свита отличается малоконтрастным обликом своего разреза, обнажается в пределах центральной и юго-восточной частей Аян-Юряхского антиклинория, слагает Тенькинскую и Колымскую антиклинали. В составе преобладают аргиллиты и алевролитистые аргиллиты. Мощность свиты 2300–2600 м. Характеризуется наличием пирита в виде мелких рассеянных кристаллов, повышенным содержанием углистого вещества.

Отложения верхней перми отличаются по составу и строению разрезов, слагая те же структуры, что и нижележащие отложения. Представлены свитами (снизу вверх): атканской, омчакской и старательской. *Атканская свита*, благодаря своему специфическому облику, является маркирующим горизонтом. Мощность отложений колеблется от 250 до 650 м, свита имеет крайне невыдержанное строение. Представлена диамиктитами, которые ранее выделялись как «рябчики», «гальковые аргиллиты», «туфогенные сланцы». Это неслоистые или неяснослоистые породы, в которых обычно окатанные обломки различных по составу пород беспорядочно рассеяны в алевроито-аргиллитовом матриксе. Размер обломков варьирует от мелкого гравия до крупной гальки и валунов с поперечником более 30 см. В составе обломков преобладают эффузивные породы, количество обломков меняется от единичных, «взвешенных» в матриксе, до 50% и более. По датировкам U-Pb SHRIMP-метода – 278,8±3 млн лет, диамиктиты атканской свиты являются синхронными или субсинхронными продуктами вулканизма Охотско-

Тайгоносской вулканической дуги, перемещенными мутьевыми потоками и оползнями в наиболее глубокие части морского бассейна (Бяков и др., 2010). Омчакская свита сложена аргиллитами, алевролитами, реже – песчаниками. В нижней части свиты широко развит пирит в виде тонкой вкрапленности и линзовидных образований. Часто отмечается флишоидное строение. Для пород характерна отчетливая горизонтальная, градационная и косая слоистость. Мощность – 1300–1800 м. Старательская свита имеет довольно однообразное строение, представлена преимущественно неяснослоистыми песчанистыми и алевролитистыми аргиллитами, алевролитами, редко встречаются прослои глинистых и известковистых песчаников. Характерным признаком отложений является широкое распространение неяснопятнистых структур и слоистости, нарушенной плотностной дифференциацией вещества. Мощность свиты 900–1300 м.

По всему разрезу распространено органическое вещество (до первых процентов). Встречаются горизонты и конкреции, обогащенные карбонатным материалом. Рассеянная сульфидизация (пирит) отмечается во всех свитах, наиболее обогащенные сульфидами (пиритом) отложения пионерской свиты, которые, как правило, тяготеют к границам слоев или к песчаным прослоям среди глинистых сланцев.

По различным признакам: отсутствие сортировки пород, флишоидность, наличие следов оползания и др., пермские отложения относятся к турбидитам и соответствуют обстановкам континентального склона (Натапов, Сурмилова, 1986; Бергер, 1990; Бяков, Ведерников, 1990).

Тектоника. Аян-Юряхский антиклинорий в тектоническом отношении расположен в пределах Яно-Колымского орогенного пояса и является составной частью Куларо-Нерского турбидитового террейна. Антиклинорий граничит на северо-востоке с Иньяли-Дебинским синклинорием, на юго-востоке – с Бохапчинским синклинорием, на юго-западе и западе – с Эльги-Кулинской зоной пологих дислокаций. Строение в поперечном разрезе асимметричное, падение северо-восточного крыла 60–70°, юго-западного – 30–40°. Аян-Юряхский антиклинорий является положительной структурой первого порядка, характеризуется линейной складчатостью с относительно пологими крыльями, осложненными складками высоких порядков. В составе антиклинория выделяются структуры второго порядка: Тенькинская и Колымская антиклинали, разделенные Таяхтахской синклиналью. По отношению к пликативным структурам выделяются продольные, поперечные и дугообразные разломы. Наиболее широко проявлена система северо-западных разломов, контролирующая размещение основных рудных полей (Наталкинского, Омчакского, Павликовского). Крупными являются Тенькинский и Чай-Юрьинский продольные глубинные разломы, к которым приурочены основные золотоносные зоны региона. Отмечаются субширотные разломы вмещающие, дайки и гранитоидные массивы (рис. 1).

Магматизм. На исследуемой территории магматические образования представлены гранитоидными массивами, дайками различного состава и возраста. Основные тела гранитоидов локализованы на флангах антиклинория, в его центральной части развиты штоки и свиты даек. Среди них выделяются две разновозрастные группы пород, традиционно относимые к колымскому (J_3-K_1) и охотскому

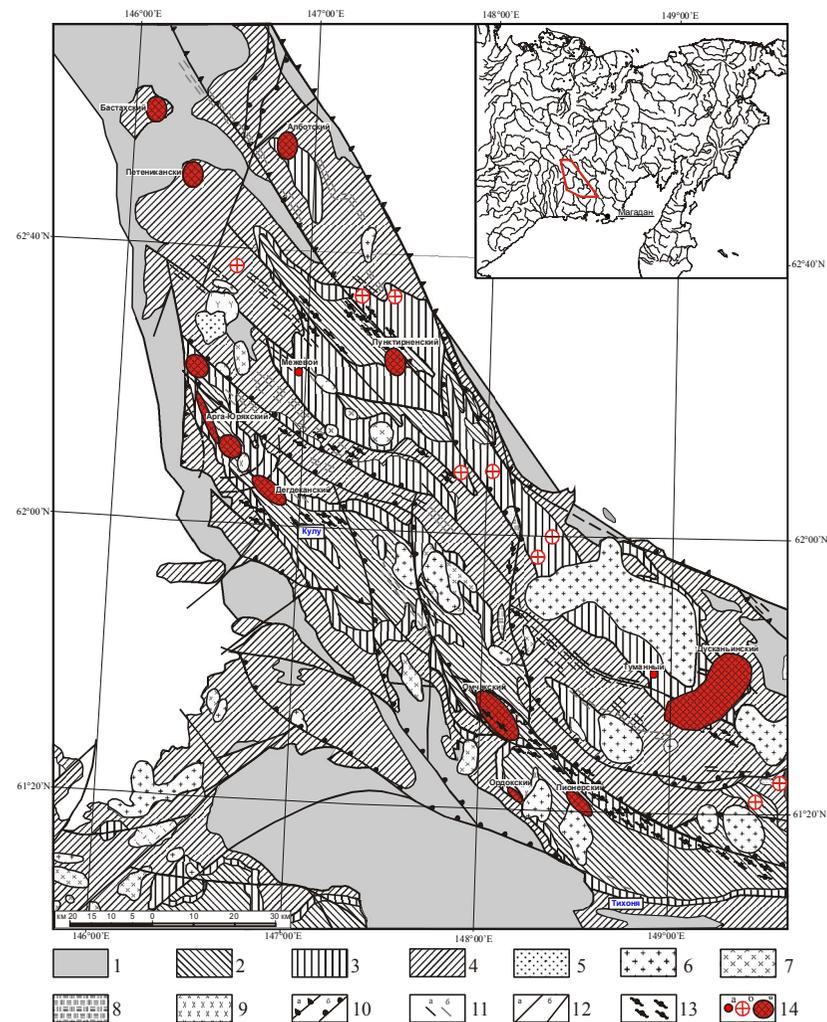


Рис. 1. Схема геологического строения Аян-Юряхского антиклинория (по материалам Натапова, Сурмиловой, 1999). Условные обозначения: 1 – T_1 , нерасчлененные; 2 – P_{1-2} рп; 3 – P_3 ат, ом₁; 4 – P_3 ом₂₋₃, ст; 5 – N; 6 – K_{1-2} граниты, гранит-порфиры, лейкограниты; 7 – K_{1-2} гранодиориты, гранодиорит-порфиры; 8 – K_2 субвулканические риолиты, риодациты; 9 – K_{1-2} диориты; 10 – взбросы (а); надвиги (б); 11 – дайки lJ_3 (а), qJ_3 (б); 12 – разломы предполагаемые (а), достоверные (б); 13 – регионально-метаморфизованные породы зеленосланцевой фации; 14 – отдельные рудопоявления (а); рудные узлы с пунктами минерализации и россыпями (б); рудные узлы с месторождениями и рудопоявлениями (в).

(К₁) комплексам (Загузина, 1977; Соболев, Колесниченко, 1979; Соболев, 1989). В пределах Омчакского рудного узла интрузивные породы слагают большое количество мелких штокообразных тел и ряд относительно крупных плутонов гранитов и гранодиоритов площадью до 300 км² (Гончаров и др., 2002).

Плутоны сложены пестрой гаммой пород от габбро и пироксенитов до лейкогранитов и гранит-порфиоров. Помимо них на площади рудного поля известно большое количество даек спессартитов, порфиритов, гранит-порфиоров, интрузивных риолитов. Вместе они составляют плутоническое обрамление рудного узла (Гончаров и др., 2002). По данным аргон-аргоновых датировок дайки спессартитов и околорудных метасоматитов Наталкинского месторождения имеют возраст 135–137 млн лет (Ньюберри и др., 2000).

Метаморфизм. Согласно данным М.Л. Гельмана, М.П. Крутоус (Крутоус, Гельман, 1967, 1970; Гельман и др., 1976; Крутоус, 1984, 1987; Гельман, 2000) в позднеюрский период терригенные породы Аян-Юряхского антиклинория были подвержены прогрессивному метаморфизму трех типов: региональному метаморфизму зеленосланцевой фации; региональному плутоническому; регионально-контактовому и контактовому. Региональный метаморфизм зеленосланцевой фации характеризуется развитием низкотемпературных минеральных ассоциаций, отвечающих начальным стадиям метаморфизма.

Выделяются хлорит-серицитовая и стильпномелановая субфации, граница между которыми проводится по первому появлению стильпномелана в метаморфизованных породах. В измененных породах преобладают реликтовые минералы и сохраняются исходные текстуры и структуры; в то же время в них появляются признаки сланцеватости, бластовые структуры и новообразованные минералы: хлорит, серицит, альбит, пирит, который образует рассеянную вкрапленность и линзовидные стяжения в осадочных породах. Региональный метаморфизм зеленосланцевой фации широко распространен и связан с заключительными стадиями геосинклинального развития вне видимой связи с магматизмом. Степень регионального метаморфизма зеленосланцевой фации не зависит от возраста исходных пород. Этот тип метаморфизма не сопровождается регрессивными изменениями. Все последующие метаморфические изменения наложены на зеленосланцевую фацию.

Динамометаморфические преобразования приурочены к крупным разломам и образуют зону шириной около 30 км, которая трассируется в северо-западном направлении от верховьев р. Тенька в бассейн р. Кулу. В ее пределах расположены месторождения Омчакского (Павлик, Омчак, Наталка) и Дегдекан-Арга-Юряхского (Дегдекан) рудно-россыпных узлов. Изменения отложений выражаются в образовании микрогранолепидобластовых и микролепидобластовых структур, полосчатых и линзовидно-полосчатых текстур, интенсивном развитии хлорит-серицитовых агрегатов, вплоть до полного замещения ими породы. Характерным минералом является бурый карбонат в виде ромбовидных и ксеноморфных порфириобластов. Завершающими процесс динамометаморфизма являются окварцевание и карбонатизация. Учитывая зональный характер распределения эпигенетической минерализации, значительную протяженность измененных пород, отсутствие пространственной связи с гранитоидным магматизмом, описанные выше метасоматические преобразования В.Г. Ермоленко (2002) выделил в региональную тектоно-

генную пропицит-березитовую формацию. Региональный плутонический метаморфизм контролируется зонами глубинных разломов северо-западного простирания и сопровождается значительными регрессивными метасоматическими изменениями пород.

Наиболее широко развиты хлоритизация, карбонатизация, сульфидизация (кальциево-железисто-магнезиальный метасоматоз). Более поздние по отношению к этим изменениям – серицитизация и окварцевание. Характерными вещественными признаками этого типа метаморфизма являются порфириобласты ильменита (обычно замещены сфеном и лейкоксеном); зародышевые образования кордиерита и (или) андалузита, которые всегда замещены тонкочешуйчатými хлоритом и серицитом.

Регионально-контактовый и контактовый метаморфизм обусловлены внедрением интрузивных массивов. Он накладывается на породы, подвергшиеся регионально-плутоническому метаморфизму. Регионально-контактовый метаморфизм выделяется полями ороговикованных пород, которые фиксируют нескрытые интрузии. Вещественный состав контактово-измененных пород меняется от биотитизированных пород со сфеном и ильменитом до кордиерит-андалузитовых роговиков и скарнов с гранатом, моноклинным пироксеном, волластонитом, скаполитом и плагиоклазом.

Закономерности локализации золоторудных месторождений. Исследуемый район в металлогеническом отношении является составной частью Яно-Колымского металлогенического пояса, специфика которого заключается в преобладании золото-кварцевого оруденения, послужившего источником многочисленных россыпных месторождений (Ханчук и др., 2006). Характерными признаками терригенных отложений Аян-Юряхского антиклинория, согласно исследованиям В.А. Бураяка (1982; Буряк и др., 1988; Буряк, Бакулин, 1996), являются: (1) повышенное количество С_{орг} закисного железа (относительно окисного), повышенная калиевоность пород; (2) наличие сингенетичного пирита в виде вкрапленности; (3)

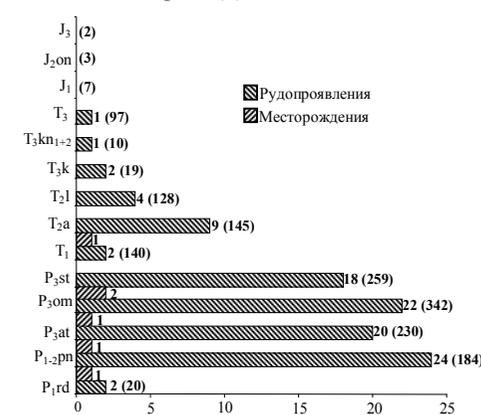


Рис. 2. Стратиграфическая позиция точек минерализации (в скобках), рудопоявлений и месторождений в Аян-Юряхском антиклинории.

пестрота и фациальная изменчивость разреза, участие терригенных, вулканогенных и карбонатных пород; (4) интенсивно проявленные процессы складкообразования, выразившиеся в образовании складок разного порядка; (5) регионально-метаморфические преобразования пород зеленосланцевой фации.

Из учтенных 62 зон сульфидизации на территории Яно-Колымского региона зафиксировано: позднепермский уровень – 16 зон; позднепермский – раннетриасовый уровень – 4 зоны сульфидизации; позднепермский – раннетриасовый уровень – 4 зоны сульфидизации; позднепермский – раннетриасовый уровень – 4 зоны сульфидизации; позднепермский – раннетриасовый уровень – 4 зоны сульфидизации;

вый – раннеюрский уровень – 21 зона сульфидизации; среднеюрский уровень – 14 зон. В результате полученного распределения было установлено, что в пределах Аян-Юрхского антиклинория золотое оруденение развито практически во всех стратиграфических подразделениях верхоянского комплекса, но преимущественная локализация золотых проявлений (без разделения на формационные типы) относится к пионерской, атканской и нижней части омчакской свиты пермских отложений (рис. 2).

Выделены несколько типов золотой минерализации: колымский (который преобладает), наталкинский, ветренский и дегдеканский (Буряк и др., 2001).

Колымский тип представлен золото-кварцевыми жилами, размещающимися в терригенных породах, он представлен месторождениями Пионерского узла (Игуменовское, Родионовское, Клин-Тенистый). Все месторождения локализованы в отложениях родионовской свиты нижней перми. Рудные тела – протяженные кварцевые жилы (до 1–2 км) мощностью от 0,1–0,2 до 2–5 м. Основным жильным минералом является кварц, менее развиты альбит и карбонаты. Среди рудных минералов преобладают пирит, арсенопирит, галенит, сфалерит, халькопирит и золото. Количество сульфидов в рудах не превышает 2–3%, золото ассоциирует с ранними (пирит, арсенопирит) и поздними (галенит) сульфидами.

Наталкинский тип представляет собой системы маломощных золото-кварцевых жил и прожилков в благоприятных литологических горизонтах (атканская, нижняя часть омчакской свиты). Эти жильно-прожилковые системы сопровождаются обширными ореолами сульфидной вкрапленности (пирит и арсенопирит), с которой связано бедное (около 1,5 г/т) золотое оруденение в относительно слабо преобразованных верхнепермских осадочных породах. Месторождения этого типа, как правило, приурочены к зонам глубинных разломов. Примером наталкинского типа в пределах Аян-Юрхского антиклинория является Омчакский рудно-россыпной узел, который объединяет месторождения Наталкинское, Омчак, Павлик, а также россыпь в долине р. Омчак. Рудные поля приурочены к Тенькинскому глубинному разлому северо-западного направления. Вмещающими породами являются верхнепермские терригенные отложения. Рудные тела месторождений имеют протяженность до нескольких километров при мощности до 15–20 м. Общий характер минерализации практически не отличается от такового колымского типа. Особенности являются интенсивная сульфидизация и окварцевание вмещающих пород.

Ветренский тип представлен минерализованными зонами дробления и смятия, приуроченными к определенным литологическим горизонтам, а также к зонам продольных разломов. Он отличается наличием высокоуглеродистых карбонатных метасоматитов с тонкой вкрапленностью золотоносного арсенопирита и пирита в сочетании с включениями кварца в виде различных тел неправильной формы. В какой-то степени это аналог Неждановского месторождения, расположенного в пермских отложениях Южно-Верхоянского синклинория Верхоянского складчато-надвигового пояса. Золотое оруденение представлено сочетанием сульфидно-кварцевых жил и прожилков с зонами сульфидной вкрапленности.

Дегдеканский тип представлен вкрапленным пирит-арсенопиритовым оруденением в сочетании с рассеянными зонами смятия. Наиболее распространена пиритовая минерализация, в ареал которой как бы вложен ореол вкрапленного

арсенопирита. Параметры оруденения наиболее впечатляющие – мощность толщ достигает первых сотен метров, простирание – первые километры и более при низких содержаниях золота – 1–4 г/т. Примером этого типа является одноименное месторождение Дегдекан с его россыпями, входящее в Дегдекан – Арга-Юрхский рудно-россыпной узел. Вмещающие породы – отложения пионерской свиты нижней перми. Золотое оруденение приурочено к зонам интенсивной кварц-сульфидной минерализации в терригенных породах и зонам дробления и милонитизации.

Рассматривая геологическое строение Аян-Юрхского антиклинория и закономерности размещения в нем золоторудных месторождений, можно отметить следующие факторы, благоприятные для локализации золото-сульфидно-вкрапленного оруденения: 1) широкое развитие долгоживущих тектонических нарушений надвигового и сдвигового характера, которые контролируют размещение зон метасоматоза и вкрапленной сульфидизации; 2) распространение регионально-метаморфизованных пород в условиях зеленосланцевой фации; 3) наличие гранитоидных интрузий, становление которых способствует мобилизации рассеянной золотой минерализации во вмещающих толщах.

Глава 3. Литология и геохимия верхнепермских пород. На основании проведенных автором полевых работ с привлечением материалов А.С. Бякова и И.Л. Ведерникова (1987) дана характеристика верхнепермских осадочных и вулканогенно-осадочных пород Аян-Юрхского антиклинория. В соответствии с характером и условиями осадконакопления в пределах Аян-Юрхского антиклинория выделяется одна структурно-фаціальная зона – Аян-Юрхский троговый бассейн (Бяков и др., 2007). Опробование верхнепалеозойских отложений верхоянского комплекса выполнено по разрезу, вскрытому на правом берегу р. Нелькоба, руч. Тихоня на юго-западном фланге Аян-Юрхского антиклинория, в пределах северо-восточного крыла Тенькинской антиклинали на удалении от крупных разрывных нарушений и рудных объектов. Вскрытые отложения слагают непрерывный разрез общей мощностью более 4000 м, представленный моноклинально залегающими породами от отложений атканской свиты до отложений нижнего триаса.

Литолого-петрографическая характеристика. Изученный разрез сложен разнообразно чередующимися аргиллитами, алевролитами и песчаниками с единичными линзами гравелитов и известняков; атканская свита представлена диамиктитами с переслаиванием алевролитов и аргиллитов. Средний литологический состав, %: аргиллиты – 17, алевролиты – 60, песчаники – 9, диамиктиты – 14.

Диамиктиты – структура blastopсаммоалевролитовая с гравийной примесью, текстура сланцеватая (рис. 3). Размерность рассеянного материала в аргиллитовом матриксе различная, преимущественно гравийная, распределение неравномерное. Количество обломков 25–30%. Обломки пород (до 2 мм) – эффузивные породы кислого-среднего состава. Структуры: порфировая, фельзитовая, гиалиновая с заметной флюидальной текстурой. Отмечаются обломки андезитов с микролитовой структурой (до 1 мм), удлиненно-овальной формы; единичные обломки интрузивных пород кислого состава (0,5 мм) с гнездовидной вкрапленностью пирита. Материал алевролитовой и мелко-псаммитовой размерности представлен полуокатанными обломками альбита и угловатыми обломками кварца, примерно в равном количестве (20-35%). Цемент порово-

базальный, базальный. Состав цемента кремнисто-гидрослюдистый, по цементу в разной степени развит серицит.

Участками наблюдается микро- и мелкозернистый кальцит, неравномерно заполняющий межзерновое и поровое пространство. Пирит образует скопления (до 0,1 мм) неправильной формы. Из аксессуарных: турмалин буровато-зеленоватый, обломки удлиненно-призматической формы; апатит, циркон.

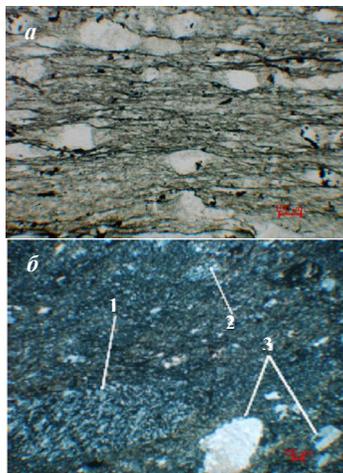


Рис. 3. Диамиктит (обр. Тих2-4): *а* – шлиф, ув. 50. Ориентировка основной ткани создает сланцеватую текстуру; *б* – шлиф, ув. 100, николи+. Обломки лейкобазальтов (1), микрокварцитов (2), полевых шпатов (3).

Алевролиты – структура blastoalevroлитовая, текстура сланцеватая. Состав: обломки альбита (30–40%), кварца (до 15%), дацитов (до 1%), мусковита (до 1%), единичных зерен микроклина, турмалина, циркона. Обломочный материал хорошо сортирован. Алевритовые зерна угловатые, полуокатанные. Цемент базальный, гидрослюдисто-хлоритовый, хлоритово-кремнистый. Пелитовый материал представлен кремнисто-глинистым материалом, в котором отмечаются гидрослюда, хлорит, рассеянное углеродистое вещество, лейкоксен, мелкие (менее 1 мм) зерна пирита.

Аргиллиты представлены алевритовыми, песчанистыми разновидностями, отличающимися количеством обломочного материала и его размерностью. Структура микролепидобластовая, микрогранолепидобластовая, blastoaleвропелитовая, текстура сланцеватая. Пелитовый материал представлен гидрослюдой, хлоритом и слабо двупреломляющим кремнисто-глинистым материалом. В аргиллитах присутствуют тонкорассеянное углеродистое вещество, лейкоксен, мелкие (до 2 мм) сульфиды (пирит). Электронно-микроскопическое изучение фракции 0,001 мм аргиллитов показывает, что она состоит из гидрослюды и небольшого количества каолинита. Алевритовая примесь в аргиллитах представлена преимущественно обломками альбита, в меньшей степени – зернами кварца, листочками мусковита (1%), единичными зернами циркона.

Гравелиты и средне-, крупнозернистые вулканомиктовые песчаники на 60–80% состоят из обломков дацитов (преобладают), андезитов, альбита, кварца, аргиллитов, туфов кислого состава. Зерна хорошо окатаны, для них характерна плохая сортированность. Гравелиты, как правило, не содержат цемента, в связи с этим в них развиты конформные структуры. Встречающийся в песчаниках пленочный и порово-пленочный цемент – гидрослюдисто-хлоритовый и кремнисто-гидрослюдистый. В мелкозернистых песчаниках зерна окатанной и полуокатанной формы, средней сортированности. Цемент базальный, участками поровый, по составу существенно кремнистый, с развитием по цементу серицита.

Алевролиты – структура blastoaleвролитовая, текстура сланцеватая. Состав: обломки альбита (30–40%), кварца (до 15%), дацитов (до 1%), мусковита (до 1%), единичных зерен микроклина, турмалина, циркона. Обломочный материал хорошо сортирован. Алевритовые зерна угловатые, полуокатанные. Цемент базальный, гидрослюдисто-хлоритовый, хлоритово-кремнистый. Пелитовый материал представлен кремнисто-глинистым материалом, в котором отмечаются гидрослюда, хлорит, рассеянное углеродистое вещество, лейкоксен, мелкие (менее 1 мм) зерна пирита.

Верхнепермские породы претерпели существенные постдиагенетические преобразования, которые проявились в изменении их минералогических и структурных особенностей. Это выражается в карбонатизации, гидрослюдизации (серицитизации), хлоритизации, рассланцевании пород, развитии в зернистых породах разнообразных структур растворения под давлением. Однако наличие в глинистых отложениях верхней перми каолинита позволяет рассматривать их изменения как поздний метагенез – ранний метаморфизм (Эпштейн, 1971).

В целом петрографический состав верхнепермских отложений характеризуется большой близостью, а набор кластики в них практически идентичен. Следует отметить некоторые особенности: 1) практическое отсутствие карбонатного материала в разрезе, за исключением единичных образцов, в которых присутствует кальцит; 2) преобладание серицита над хлоритом в породах всех свит, за исключением проб с повышенной карбонатностью; 3) содержание КПШ за редкими пробами не превышает 5%.

Химический состав. Анализ полученных результатов позволил выделить среди верхнепермских пород два геохимических типа: натриевый и калиевый с преобладанием первого. Породы с калиевым типом щелочности отмечаются в алевритовых прослоях верхней части омчакской свиты и алевролитах старательской свиты, отложения атканской свиты имеют натриевый тип. Общим для трех свит является – нормальная щелочность (НКМ – 0,32–0,38). В породах *атканской свиты* наблюдается тесная прямая корреляция гидролизатного, фемического, железного и титанистого модуля, что обусловлено наличием вулканогенного материала. По гидролизатному модулю породы классифицируются как сиаллиты (ГМ – 0,33–0,42); имеют высокие значения титанового модуля (ТМ – 0,050–0,056). В отложениях *омчакской свиты* отмечается неравномерность распределения содержания натрия и калия, которая контролируется литологическими разностями отложений. Для грубозернистых пород типично повышение значения натриевого модуля до 0,41 (НКМ – 0,55), титанового модуля до 0,066; по гидролизатному модулю породы относятся к силитам (0,21–0,29). В глинистых породах происходит незначительное преобладание калия над натрием (КМ – 0,23–0,24), соответственно наблюдается уменьшение значений фемического (0,05–0,07) и титанового (0,035–0,041) модулей. В пачках переслаивания за счет песчаной примеси отмечается увеличение натриевого модуля до 0,26. В отложениях *старательской свиты* (вверх по разрезу) идет постепенное снижение количества натрия и независимо от литологических разностей увеличивается содержание калия (ЩМ – 0,68). Максимальное содержание CaO приурочено к прослоям известковистых глинистых алевролитов.

По петрогеохимическому составу отложения атканской свиты соответствуют грауваккам, отложения омчакской и старательской свит имеют смешанный состав (рис. 4, б,в). На диаграмме Неелова (рис. 4, а) верхнепермские породы занимают два поля: 1 – полимиктовые и граувакковые алевролиты (поле IV), 2 – алевролитовые, карбонатистые и железистые аргиллиты (IVb).

Распределение петrogenных и рудогенных элементов. Верхнепермские отложения характеризуются высокими содержаниями SiO₂, TiO₂, Fe₂O₃, Na₂O, K₂O; в породах атканской свиты установлены повышенные концентрации MnO. Увеличение содержания CO₂ отмечается в отложениях омчакской свиты (0,42%).

Из микроэлементов в разрезе установлены высокие содержания Li, Zn, Pb, Ag. По результатам корреляционного анализа выделяются геохимические ассоциации: для атканской свиты – 1. Mo – Pb – Li – Fe – Zn – Ag; 2. Mn – Cr – Ca – Co – Mg; для омчакской свиты – 1. Ca – Mn; 2. Co – Ag – Cu; 3. Sn – Fe – Ni – Cr – Mg – Zn; для старательской свиты – 1. Ca – Mn; 2. Co – Ni – Mg – Fe; 3. Pb – Mo – Sn – Ag – Zn; 4. Ti – Cr. Главным сульфидным минералом в рассматриваемых верхнепермских отложениях руч. Тихоня является пирит. Наиболее обогащенные пиритом отложения нижней части омчакской свиты, в атканской свите пиритизация отмечается в пачках переслаивания диамиктитов с тонкорассланцованными аргиллитами; в старательской свите сульфиды приурочены к более алевролитистым прослоям. Как правило, пирит образует тонкую рассеянную вкрапленность; редко встречаются стяжения неправильной формы, образующие конкреции; сферические образования пирита ($\leq 0,01$ мм), которые могут иметь однородное микроглобулярное, микрокристаллитовое, зональное скорлуповатое, однородное массивное и зональное строение (Тюкова и др., 2007).

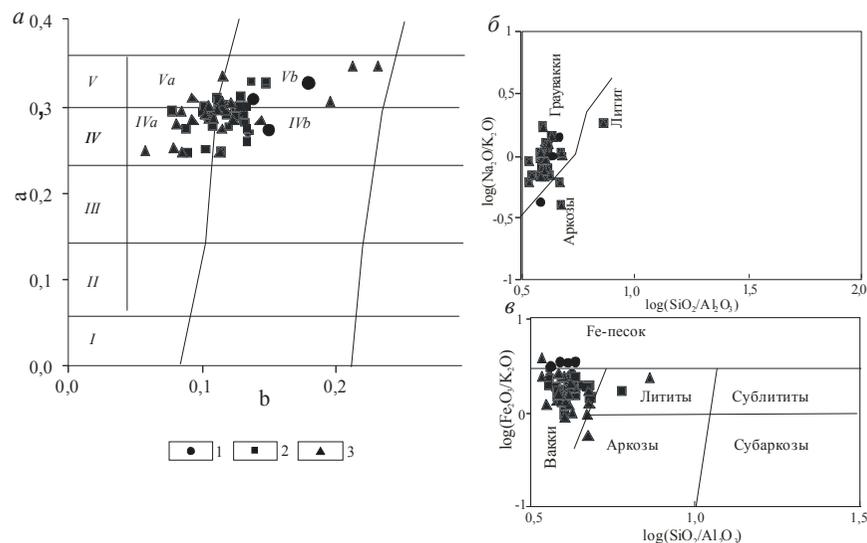


Рис. 4. Классификационные диаграммы: а – А.Н. Неелова, б – Ф. Петтиджона, в – М.М. Хирона для пермских пород руч. Тихоня. Диаграмма А.Н. Неелова, (атомные количества): а = Al/Si; б = Fe₂+Fe₃+Mn+Ca+Mg. Цифры обозначают поля осадочных пород: I – кварцевые песчаники, ультрасилициты; II – олигомиктовые песчаники, силициты; III – аркозовые, грауваквые песчаники; IVa – алевролиты полимиктовые, IVb – алевролиты граувакковые; V, Va – алевропелитовые аргиллиты, Vb – алевропелитовые аргиллиты карбонатистые, железистые. 1 – атканская свита, 2 – омчакская, 3 – старательская.

Распределение Au и элементов платиновой группы. Максимальные содержания Au относительно регионального геохимического фона – 5,3 (Чанышев, Степанов, 1987) отмечаются в диамиктитах атканской свиты; алевролиты стара-

тельской свиты характеризуются несколько повышенными содержаниями Au по сравнению с пелитовыми разностями (табл. 1, рис. 5).

Таблица 1.

Среднее содержание Au в верхнепермских породах руч. Тихоня, (мг/т)

Свита	Аргиллиты		Алевролиты		Песчаники		Диамиктиты	
	n	ср.сод.	n	ср.сод.	n	ср.сод.	n	ср.сод.
P ₃ st	8(2)	2,63(19,94)	10(8)	4,00(19,95)	–	–	–	–
P ₃ om	6(6)	1,50(0,57)	10(8)	1,50(20,32)	4	1,25		
P ₃ at	–	–	–	–	–	–	8(8)	5,0(29,08)

Примечание. Определение Au выполнено атомно-абсорбционным анализом в ЦЛ ОАО «Магадангеология»; в скобках – методом ICP MS (г. Хабаровск, ЦКП ИТИГ); n – количество проб

По данным ICP MS, концентрации Au в алевролитах омчакской свиты близки содержаниям в диамиктитах атканской свиты. В алевропелитовых разностях старательской свиты содержания Au практически равны.

Элементы платиновой группы (ЭПГ) распределены в пределах разреза неравномерно. Максимальные концентрации палладия наблюдаются в алевролитах старательской и омчакской свит. Породы омчакской свиты отличаются наименьшим содержанием платины (табл. 2). Для пермских пород разреза характерна тесная корреляция Au-Pd и незначимая с Pt.

Условия осадконакопления. Наиболее эффективной для разграничения состава областей питания является дискриминационная диаграмма La – Th – Sc (Bhatia, 1983).

На диаграмме верхнепермские отложения занимают поле преимущественно приконтинентальной островной дуги (B) и в меньшей степени поле океанической островной дуги (A) (рис. 6, г), что также отражается в распределении редкоземельных элементов (REE) (рис. 6, а–в). Большинство изученных образцов омчакской и старательской свит характеризуются слабофракционированными спектрами распределения REE, отчетливой европиевой аномалией (Eu/Eu* = 0,57 – 0,87).

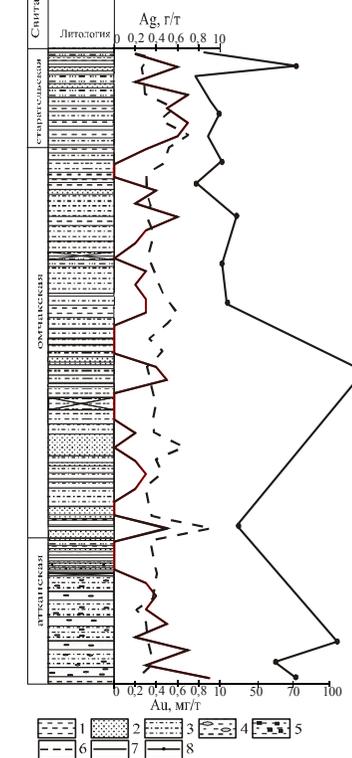


Рис. 5. Распределение Au и Ag в верхнепермских породах руч. Тихоня: 1 – аргиллиты; 2 – песчаники; 3 – алевролиты; 4 – диамиктиты; 5 – сульфиды; 6 – Ag; 7 – Au; 8 – Au, ICP MS (log-шкала)

Таблица 2

Среднее содержание ЭПГ в верхнепермских породах руч. Тихоня, (мг/т)

Свита	n	Ru	Rh	Pd	Ir	Pt
P _{3st}	6	0,38	52,53	82,40	н.о.	27,37
P _{3om}	15	0,05	1,51	72,95	0,01	2,27
P _{3at}	7	0,23	5,21	25,93	0,12	12,65

Примечание. Определение ЭПГ выполнено методом ICP MS (г. Хабаровск, ЦКП ИТиГ); n – количество проб.

По сравнению со средним постархейским глинистым сланцем (PAAS) породы атканской свиты обеднены легкими REE. Максимальные суммарные содержания лантаноидов обнаружены в алевролитах омчакской свиты, минимальные в диамиктитах атканской свиты.

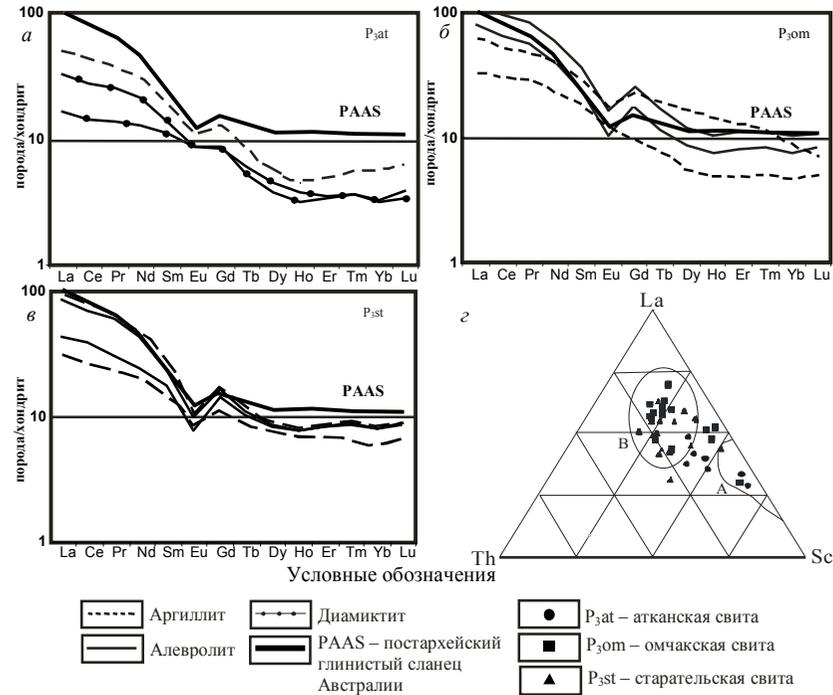


Рис. 6. Спектры распределения РЗЭ (а, б, в); положение фигуративных точек составов верхнепермских пород руч. Тихоня на дискриминационной диаграмме М.Р. Бхатия (Bhatia, 1983), поля: А - океанические островные дуги; В – приконтинентальные островные дуги (z).

Для оценки редокс-обстановки в седиментационном бассейне позднепермского возраста использованы индексы U/Th_{cp} и Ni/Co_{cp} (Джонс, Маннинг, 1994). В

породах атканской свиты U/Th_{cp} – 0,23, Ni/Co_{cp} – 1,57; омчакской U/Th_{cp} – 0,19, Ni/Co_{cp} – 2,13; старательской свите U/Th_{cp} – 0,26, Ni/Co_{cp} – 2,14. Согласно полученным данным, исходные тонкозернистые осадки накапливались в окислительных придонных обстановках.

По фашиальному индикатору Fe/Mn выделяются два типа осадочных отложений: глубоководные и переходно-глубоководные. Повышенные значения отношения Ti/Zr в породах атканской и омчакской свит могут отражать высокую скорость седиментации, а скачкообразное поведение данного индекса на этом интервале предполагает пульсационный характер поступления терригенно-осадочного материала. При длительной транспортировке терригенного материала (старательская свита) отношение Ti/Zr уменьшается.

Применяя в качестве критерия для разграничения отложений, формировавшихся в различных климатических обстановках, коэффициент CIA = 70 (Nesbitt, Young, 1982; Visser, Young, 1990), отмечаем, что верхнепермские отложения имеют близкие по значениям коэффициенты, образующие одну группу с индексом 60 < CIA < 70; P_{3at} – 63, P_{3om} – 62, P_{3st} – 64. Можно предположить, что все эти образования являются отложениями умеренных климатических обстановок без ярко выраженной климатической специфики.

Таким образом, учитывая особенности состава и строения верхнепермских пород, отметим следующее: 1) отложения атканской и нижней подсвиты омчакской свиты накапливались в глубоководных условиях; средняя, верхняя подсвиты омчакской свиты и отложения старательской свиты формировались в переходно-глубоководных условиях при окислительной обстановке бассейна седиментации, что в целом согласуется с проведенными ранее палеофашиальными исследованиями А.С. Бякова, И.Л. Ведерникова (1990); 2) петрохимические и литологические характеристики верхнепермских отложений отражают неоднородный характер их накопления в условиях континентального склона и устойчивое положение области сноса со стороны Охотского кратонного блока. Из общего ряда выделяется атканская свита, с повышенной вулканической активностью в это время. Следующий, подобный довольно резкий рубеж – граница омчакской и старательской свит. Именно для этих горизонтов характерно повышение концентраций золота и элементов платиновой группы. Это соотносится с периодами вулканической активности на окраине Охотского кратонного блока, приведшей к поступлению в бассейны седиментации значительного количества пирокластики и других продуктов вулканических извержений.

Общие особенности пород разреза свидетельствуют о вулканической деятельности в областях сноса, достаточно высоких (но не лавинных) скоростях седиментации, обеспечивавших сохранение неокисленного органического вещества в толще осадка, пульсационном характере поступления терригенно-осадочного материала, определившем флишоидность разреза. При сопоставлении древних и современных бассейнов осадконакопления, характеризующихся повышенными концентрациями благородных металлов, отмечается, что в обогащении ими осадков уже на стадии седиментогенеза важную роль играют эндогенные процессы зон рифтогенной деструкции земной коры, проявляющиеся на определенных стадиях развития пассивных окраин континентов. Изначальная обогащенность благородными металлами отдельных литолого-стратиграфических уровней служит важной

предпосылкой к последующему концентрированию на таких уровнях крупных месторождений золота в результате многоступенчатого процесса накопления благородных металлов в ходе формирования орогенного пояса и в связи с плутоно-метаморфическими орогенными процессами (Астахов и др., 2010).

Глава 4. Метаморфические преобразования верхнепермских пород. В целях выявления процессов преобразования осадочных пород, в связи с процессами дислокационного метаморфизма был опробован разрез на правом берегу р. Кулу, напротив устья р. Дегдекан. Разрез расположен на юго-западном фланге Аян-Юряхского антиклинория (северо-восточное крыло Тенькинской антиклинали) в пределах зоны Тенькинского глубинного разлома. Сложен верхнепермскими отложениями омчакской и атканской свит, литологическая характеристика которых приведена в гл. 3.

Преобразования пород, связанные с дислокационным метаморфизмом, выражены сильной деформированностью, неравномерной расланцованностью пород от «бумажного листа» до 0,025–0,05 мм, что выразилось в образовании независимо от исходной зернистости микрогранолепидобластовой, микролепидобластовой структуры, полосчатой, линзовидно-полосчатой, микроплойчатой и пятнистой текстуры (рис. 7, а,б).

В глинистых разностях тонкочешуйчатые минералы концентрируются в тонкие гофрированные субпараллельные обособления с пылевидным углеродистым веществом в их составе. Между ними располагаются линзовидные агрегаты альбит-кварцевого состава с подчиненным количеством хлорита. До 10–15% составляют порфириобласты бурого ромбовидного и ксеноморфного карбоната, участками присутствуют удлиненно-овальные зерна лейкоксена. В алевролитах и песчаниках обломочная структура пород теряется. Удлиненные в соотношении 1:3–1:5 зерна кварца и полевого шпата, часто представляющие собой микрогранобластовый агрегат, помещены в базальную микрогранолепидобластовую ткань, обуславливая линзовидно-полосчатую сланцеватую текстуру. Более интенсивно развит хлорит-серицитовый агрегат от 50–70% до полного замещения породы (рис. 7, в).



Рис. 7. Аргиллит алевролитистый (обр. К-4), шлиф, ув. 100, николи+ (а); то же, обр. К-8, шлиф, ув. 25 (б); Диамиктит (обр. К-71), шлиф, ув. 100 (в).

В отложениях омчакской свиты отмечается вкрапленность пирита двух форм – рассеянная вкрапленность в основном мелких (1–3 мм) кубических кристаллов; стяжения неправильной формы либо приуроченные к прослоям грубозернистого материала или обломкам вулканогенных пород.

Углеродистое вещество развито неравномерно в виде рассеянной вкрапленности тонкодисперсной формы; образует линзовидные скопления по сланцеватости; заполняет трещинки кливажа. Порода расланцована неравномерно от «бумажного листа» до 0,025–0,05 мм.

Особенности минерального состава разреза по р. Кулу: повсеместное присутствие карбонатного материала, нередко сидерит-магнезитового состава; часто отмечается преобладание хлорита над серицитом; характерны повышенные (до 10%) содержания КПШ.

Изменение химического состава. В целом по разрезу р. Кулу в осадочных и вулканогенно-осадочных породах, претерпевших дислокационный метаморфизм, отмечается незначительный привнос редкоземельных элементов относительно пород руч. Тихоня.

Особенностью данных отложений являются довольно высокие и непостоянные концентрации Pb и Zn, которые могут быть связаны с неравномерной терригенной примесью рудных минералов. Надкларковые концентрации характерны для содержаний Ag, Li. Содержание Ba увеличивается в отложениях атканской свиты, концентрации Co, Ni и Cr практически не меняются.

Концентрации CaO и MgO значительно возрастают относительно пород руч. Тихоня, наблюдается тесная корреляционная связь этих элементов с MnO. Отмечается незначительный рост содержаний Co, Ni, Cr, что связано с привносом этих элементов в процессе дислокационного метаморфизма. Максимальные концентрации Pb и Ag приурочены к алевролитам омчакской свиты и тесно коррелируют между собой.

Распределение Au, элементов платиновой группы. Содержание золота в диамиктитах атканской свиты разреза по р. Кулу снижается, относительно диамиктитов руч. Тихоня (табл. 3). Повышенные концентрации золота приурочены к участкам проявления карбонатизации и хлоритизации, развитых в тонкопелитовых разностях двух свит, характеризующихся пиритовой вкрапленностью, надкларковыми содержаниями SiO₂, Na₂O, K₂O, MgO, MnO, CaO, Pb, Fe₂O₃ и Ag.

Таблица 3.

Среднее содержание Au в верхнепермских породах р. Кулу, (мг/т)

Свита	Аргиллиты		Алевролиты		Песчаники		Диамиктиты	
	n	ср. сод.	n	ср. сод.	n	ср. сод.	n	ср. сод.
P _{3om}	10(6)	2,4(43,32)	8(4)	1,8(0,06)	2	1,5	–	–
P _{3at}	5(5)	2,0(57,29)	10(6)	2,3(24,72)	–	–	7(5)	1,3(24,78)

Примечание. Определение Au выполнено атомно-абсорбционным анализом в ЦЛ ОАО «Магадангеология»; в скобках – методом ICP MS (г. Хабаровск, ЦКП ИТиГ); n – количество проб.

Максимальные концентрации палладия установлены в породах омчакской свиты. Диамиктиты атканской свиты отличаются большим содержанием платины (табл. 4). В разрезе для пород этих двух свит выражена тесная корреляционная связь Pd-Pt и слабая их связь с золотом.

Таблица 4.

Среднее содержание ЭПГ в верхнепермских породах р. Кулу, (мг/т)

Свита	n	Ru	Rh	Pd	Ir	Pt
P _{3om}	23	0,17	1,59	11,15	0,09	11,11
P _{3at}	22	0,3	0,3	5,4	0,1	45,7

Примечание. Определение ЭПГ выполнено методом ICP MS (г. Хабаровск, ЦКП ИТиГ); n – количество проб.

Относительно наименее измененных пород руч. Тихоня отмечается следующее: 1) в условиях дислокационного метаморфизма проявляется карбонатный метасоматоз, хлоритизация пород; 2) отмечается незначительный привнос редкоземельных элементов; 3) устанавливается миграция Au в тонкопелитовых разрезах атканской свиты, содержащих новообразования сульфидов (пирит), концентрации его значительно возрастают; 4) происходит перераспределение элементов платиновой группы, концентрации Pt в дислокационно-метаморфизованных породах возрастают при снижении Pd; 5) характерна тесная корреляционная связь Pd-Pt и слабая их связь с золотом.

Глава 5. Гидротермально-метасоматические преобразования пород (на примере месторождения Наталка). Вмещающие породы в пределах Наталкинского месторождения претерпели интенсивные околорудные изменения. Были изучены разрезы, пересекающие рудные тела (рудные зоны – р. з. 3, 3/62 – отложения атканской свиты; 63 и р. з. «Участковая» – омчакская свита) на горизонте +600 м и вмещающие их массивные породы на 5–10 м.

Метасоматические преобразования пород и формирование связанного с ними вкрапленного оруденения происходило в два этапа – предрудный и золоторудный. В предрудный этап образовались карбонатные метасоматиты. Ореол карбонатизации контролируется зоной повышенной проницаемости, совпадающей с ореолом распространения даек. Преобразования заключаются в замещении хлорита, а при интенсивном развитии и кварца, карбонатами – кальцитом, доломитом и (или) анкеритом. Карбонатные метасоматиты содержат выделения (0,5–1%) пирита и пирротина, в виде микролинз и микропросечек. Эти образования ориентированы вдоль кливажа, что вероятно, связано с перекристаллизацией диагенетических сульфидов при метаморфизме, сопровождающем процессы складчатости, и свидетельствуют об их дорудном образовании.

Из гидротермальных изменений золоторудного этапа выделяются березитизация и околожильный метасоматоз. Березитизация наблюдается только в рудной зоне «Участковая» в местах расщепления терригенных пород, вмещающих дайки спессартитов, или около тектонических швов – естественных границ рудной зоны. Одним из главных визуальных признаков рудосопровождающих метасоматитов является присутствие равномерной вкрапленности хорошо ограниченных метакристаллов пирита, переходного от кубического к пентагондодекаэдрическому габитусу. Другой важный диагностический признак – замещение альбита серицитом и кварцем. Березитизация затрагивает также дайки спессартитов. При большой мощности даек (более 7–10 м) интенсивная березитизация с полным замещением

хлорита кварцем, серицитом и карбонатами наблюдается вдоль контактов даек, постепенно затухая к их центральной части, где сохраняются реликтовые кварц-карбонат-серицит-хлоритовые метасоматиты пропилитового типа. При меньшей мощности даек березитизация охватывает весь их объем. Околожильный метасоматоз наблюдается в участках проявления жильной минерализации. Он накладывается как на дорудные метасоматиты, так и на березиты.

Основной тип околожильных преобразований – это карбонат-полевошпат-арсенопирит-кварцевые прожилки, ореолы арсенопирита, образующего метакристаллы уплощенного габитуса, развивающиеся вокруг жил. Ширина ореолов отдельных прожилков достигает 2–4 см, а размеры метакристаллов составляют в среднем 0,5–1 мм, в отдельных случаях 3–4 мм. По морфологии и составу эта генерация арсенопирита сопоставима с жильным арсенопиритом, отличающимся меньшим размером метакристаллов. Максимальное количество новообразований (30–35 мас.%) наблюдается в отложениях атканской свиты, вмещающих р. з. 3, и в переслаивающихся алевролитах и мелкозернистых песчаниках омчакской свиты около р. з. 63. Отмечается изменение соотношений кварца, полевых шпатов и серицита, при этом тренд изменения минерального состава апоалевролитовых метасоматитов направлен параллельно траектории реакции замещения серицита и кварца полевыми шпатами. В более хрупких породах за счет микропрожилков кварца наблюдается отклонение от траектории реакции полевошпатизации в сторону обогащения гидротермалитов кварцем.

При сгущении прожилков и увеличении их мощности, а также в кварцевых жилах с брекчиевой текстурой усиливаются околожильные метасоматические преобразования вмещающих пород, что коррелируется со степенью их деструкции. В трех изученных разрезах серицит полностью замещен полевыми шпатами в интенсивно катаклазированных породах.

Наиболее детально задокументирован и опробован разрез вкосте простирания р. з. 3/62 по расщепкам на горизонте 600 м. Выбранное сечение на горизонте 600 м изолировано от других рудных зон, что позволяет охарактеризовать максимально полно околорудные метасоматиты единичного рудного тела с учетом их зависимости от характера вмещающих его пород.

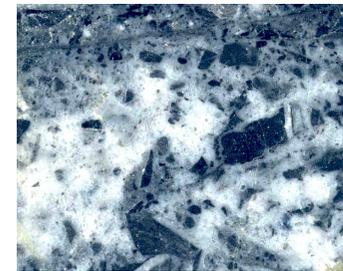


Рис. 8. Штуф, р. з. 3/62, метасоматическая брекчия альбит-кварцевого состава с самородным видимым золотом

Разрез пространственно можно разделить на три зоны: малоизмененные вмещающие породы, околожильные зоны измененных вмещающих пород (со стороны лежачего и висячего контакта) и сама рудная зона. Рудное тело имеет склонение к юго-востоку, представлено жильно-прожилковой зоной сложного строения, в которой выделяются участки сгущения кварцевых прожилков до образования жильной брекчии и кварцевая жила массивной и брекчиевой текстуры (рис. 8).

Микроскопические наблюдения позволяют наметить следующие элементы зональности метасоматических изменений: карбонати-

зация в большей степени приурочена к лежащему контакту рудной зоны, а альбитизация и, в меньшей степени, окварцевание – к висячему. В участках, сложенных глинистыми алевритистыми сланцами, на контакте с которыми формируется жильная минерализация, наблюдается серицитизация.

Процессы, сопровождающиеся привносом или выносом различных компонентов, обычно приводят к росту дисперсии их концентраций (Таусон и др., 1965). При сопоставлении значений дисперсий логарифмов концентраций отмечается, что дисперсия мышьяка в околорудных породах лежащего контакта значительно выше (3,9), чем в породах висячего контакта (0,061). Дисперсии концентраций свинца, висмута, вольфрама выше со стороны висячего контакта (соответственно, 0,048; 0,54; 0,90) по сравнению с лежащим (0,017; 0,41; 0,60). С некоторой долей условности можно предположить, что в околорудных породах со стороны лежащего контакта, где преобладающим типом метасоматических изменений является карбонатизация, происходило и максимальное перераспределение (или привнос) мышьяка, а со стороны висячего, при доминировании окварцевания и альбитизации, имел место привнос свинца, висмута, вольфрама.

Петрогеохимическое изучение разреза р.з. 3/62 выявило асимметричную поперечную зональность метасоматитов, выразившуюся в приуроченности карбонатизации к лежащему контакту рудной зоны, а альбитизации – к висячему, при отчетливом осевом положении окварцевания. Поведение SiO_2 в сечении вкост рудной зоны обнаруживает следующие особенности: максимальные значения приурочены к рудной зоне, приконтактные части которой со стороны как висячего, так и лежащего бока содержат значительно меньшие количества SiO_2 , что может быть объяснено переотложением некоторого количества кремнезема из приконтактных участков в рудную зону. На удалении от рудной зоны, содержания SiO_2 со стороны как висячего, так и лежащего контакта примерно одинаковы.

Рудная зона четко фиксируется аномальными значениями мышьяка, вольфрама, золота, в меньшей степени – Bi, Pb, и Ag. В околорудных породах у лежащего контакта происходит максимальное перераспределение (или привнос) As, а у висячего – привнос Pb, Bi, W. Поведение элементов-примесей в значительной степени обусловлено распределением сульфидов и сульфидов.

Классификационным кластер-анализом R-типа установлено, что переменные исследованных пород по степени корреляционных связей четко распадаются на три группы: 1) золоторудная – Au, Pb, Ag, Fe, Mo, W, SiO_2 , Na_2O ; 2) карбонатная – Mg, Cu, Ca, Cr, Mn; 3) фоновая – Ti, Zn, Fe_2O_3 , MgO, P_2O_5 , Ni, K_2O , Al_2O_3 , TiO_2 . По результатам кластерного анализа были выявлены геохимические классы. Совокупность пяти геохимических классов метасоматитов образует естественные ассоциации, где отражена как геохимические, так и геологические особенности рудопроявления и четко согласуется с выделенными петротипами пород. Наиболее сложным по геохимическому составу является висячий контакт (три геохимических типа).

Таким образом, в процессе гидротермального метаморфизма происходит существенное изменение минерального состава пермских пород и, как следствие, их химизма. Установлено перераспределение микроэлементов, породы обогащаются S, As, Na_2O , CaO, что отражается интенсивной карбонатизацией и сульфидизацией; количество SiO_2 уменьшается от степени преобразованности пород; на-

блюдается незначительный вынос K_2O . Все породы разреза имеют высокие содержания благородных металлов.

В гидротермально-метаморфизованных породах атканской и омчакской свит Наталкинского месторождения максимальные концентрации золота, мышьяка и вольфрама установлены в метасоматитах, насыщенных жильной минерализацией. В дорудных метасоматитах отмечается привнос элементов-индикаторов оруденения Ag и Pb, W (Приставка и др., 1999). Метасоматоз рудного этапа образует околорудные арсенопирит-кварц-альбитовыми метасоматиты, сопровождавшие формирование жильно-прожилковой минерализации. Околорудные изменения наиболее проявлены во вмещающих породах висячего контакта рудных жил.

Поведение благородных металлов при метаморфических и гидротермально-метасоматических преобразованиях рудовмещающих толщ. Изменения содержания породообразующих оксидов и элементов-примесей в рассматриваемых отложениях имеют определенную закономерность. Расчеты привноса-выноса вещества рассчитывались как отношение дислокационно-метаморфизованных (р. Кулу) и гидротермально-метаморфизованных пород (месторождение Наталка) к коэффициенту концентраций неизменных пород (КК). За геохимический фон приняты средние содержания верхнепермских пород руд. Тихоня. Независимо от стратиграфического уровня, в условиях дислокационного метаморфизма пермских отложений устанавливается перераспределение элементов карбонатной группы, что свидетельствует о формировании магнезиально-железистых карбонатов, за счет привноса вещества. Карбонаты, как правило, замещают кластогенную часть породы, в тонкопелитовых разностях «залечивают» трещины катаклаза. Аналогичные изменения фиксируются в рудовмещающих породах Наталкинского месторождения. Данные породы являются протолитами при гидротермальных преобразованиях золоторудного этапа.

При процессах дислокационного метаморфизма отмечается: привнос Ni, Cr, Cu, Pb, W; перераспределение концентраций Au, Pt, Pd и др. Снижение содержания ЭПГ в диамиктитах атканской свиты и увеличение в пиритизированных прослоях омчакской свиты. Следует отметить, что в рудах Наталкинского месторождения известны высокие содержания Pt (Гончаров и др., 2002). Существенный привнос золота и, возможно, элементов платиновой группы подтверждается находкой минералов платиноидов в рудах Дегдеканского месторождения и связан с метасоматическими процессами золоторудного этапа. При гидротермальном метасоматозе содержания Au в рудосопровождающих метасоматитах увеличиваются в 300–500 раз по сравнению с исходными метаморфическими породами.

Повышенная платиноносность хлорит-серицит-кварцевых углеродистых сланцев позволяет считать актуальным предположение об изначально платиновых высокомагнезиальных источниках сноса. Необходимо также отметить и широкое развитие на территории Аян-Юряхского антиклинория вулканической активности. Положительные корреляционные связи платины и палладия также могут объясняться ведущей ролью вулканогенной составляющей в привносе и (или) перераспределении благородных металлов в разрезе верхнепермских толщ.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

На основе проведенных исследований с учетом материалов предшественников и сравнительной характеристики в различной степени преобразованных верхнепермских пород установлено:

1) литолого-стратиграфическими факторами, благоприятными для выделения участков под поисковые работы, являются отложения верхнепермской, атканской и нижнеомчакской свит. Анализ распределения золотоносности по площади Аян-Юрхского антиклинория показал, что все значимые признаки повышенной золотоносности (рудные поля, россыпные ареалы, шлиховые и геохимические ореолы) отвечают площадям распространения пород этого уровня. Практически все выделенные рудокомплексы обладают сульфидной минерализацией с повышенным фоном рудогенных элементов, развитием в породах магнетитово-железистых карбонатов, натриевым типом щелочности первичных пород, повышенными содержаниями золота и элементов платиновой группы в осадочных породах;

2) основные обогащенные золотом горизонты Аян-Юрхского антиклинория, представленные слабоуглеродистыми диамикритами и углисто-глинистыми сланцами, содержащими редкие остатки фауны бореальных видов (Бяков, 2008), формировались в условиях континентального склона бореального океанического бассейна. Проведенные исследования характера распределения благородных металлов Аян-Юрхского антиклинория и сопоставление с современными бассейнами осадконакопления центральной части Чукотского моря показывают, что в обогащении благородными металлами осадков важную роль играют эндогенные процессы зон рифтогенеза, структур континентального склона (Астахов и др., 2010);

3) в процессе дислокационного метаморфизма, сопровождавшемся карбонатным метасоматозом и хлоритизацией верхнепермских пород, происходит перераспределение золота и вынос рудогенных компонентов (Pb, Cu, W, Ag, и частично Au), что позволяет видеть в этом дополнительный источник благородных металлов в ходе последующего формирования промышленных концентраций;

4) в результате рудообразующего гидротермального метасоматоза происходит существенное изменение минерального состава пермских пород и как следствие, их химизма. Установлен привнос K, As, S, CO₂, Si, Mo, W и остальных рудогенных компонентов, в том числе и благородных металлов. Основной привнос золота происходит при рудосопровождающем метасоматозе, где содержания Au в метасоматически преобразованных верхнепермских породах увеличиваются в 300–500 раз по сравнению с исходными метаморфическими породами.

Таким образом, показана существенная исходная роль повышенных концентраций Au в верхнепермских осадочных и вулканогенно-осадочных породах, которая, видимо, обусловила благоприятную геохимическую обстановку для дальнейшего накопления золота в процессе дислокационного метаморфизма, метасоматоза и жильного выполнения.

Основные публикации по теме диссертации

Статьи в журналах ВАК, монография

1. Шарафутдинов В.М., Хасанов И.М., Михалицына Т.И. Петрофизическая зональность Наталкинского рудного поля // Тихоокеанская геология. – 2008. – Т. 27, № 5. – С. 89–103.
2. Астахов А.С., Горячев Н.А., Михалицына Т.И. Об условиях формирования обогащенных золотом горизонтов рудовмещающих черносланцевых толщ (на примере пермских и современных морских отложений Северо-Востока Азии) // ДАН. – 2010. – Т. 430, № 2. – С. 1–6.
3. Горячев Н.А., Соцкая О.Т., Горячева Е.М., Михалицына Т.И., Маньшин А.П. Первая находка минералов платиновой группы в черносланцевых золотых рудах месторождения Дегдекан на Северо-Востоке России // ДАН. – 2011. – Т. 439, № 1. – С. 79–82.
4. Гончаров В.И., Ворошин С.В., Е.Э. Тюкова, Сидоров В.А., Горячев Н.А., Михалицына Т.И., Литвиненко И.С. [Гл. 4. Состав руд] // Наталкинское золоторудное месторождение / Гончаров и др. – Магадан: СВКНИИ ДВО РАН, 2002. – С. 67–108.

Статьи в сборниках и материалах совещаний

5. Сидоров В.А., Приставко В.А., Михалицына Т.И. К вопросу о комплексности руд месторождения Наталка. // Северо-Восток России: прошлое, настоящее, будущее: тез. докл. регион. науч. конф. – Магадан, 1998. – Т.1. – С. 42–43.
6. Приставко В.А., Сидоров В.А., Михалицына Т.И., Бурова А.С., Красная Е.Н. Геолого-геохимическая модель золоторудного месторождения Наталка // Колымские ВЕСТИ. – Магадан: СВНЦ ДВО РАН, 2000. – С. 18–25.
7. Горячев Н.А., Сидоров В.А., Литвиненко И.С., Михалицына Т.И. Минеральный состав и петрогеохимические особенности рудных зон глубоких горизонтов Наталкинского месторождения // Колыма. – 2000. – № 2. – С. 38–49.
8. Михалицына Т.И. Околорудноизмененные породы рудной зоны 3/62 Наталкинского месторождения // Магматизм и метаморфизм Северо-Востока Азии: материалы IV регион. петрограф. совещ. по Северо-Востоку России. – Магадан: СВКНИИ ДВО РАН, 2000. – С. 284–287.
9. Алпатов В.В., Михалицына Т.И. Гидротермальные изменения пород на золоторудном месторождении Наталка // Там же. – 2000. – С. 281–284.
10. Бяков А.С., Будников И.В., Ганелин В.Г., Кутыгин Р.В., Ермакова С.П., Михалицына Т.И. О границе перми и триаса на северо-востоке Азии и корреляции с морской тетической шкалой: тез. докл. Всерос. стратиграф. совещ. по пермской системе России «Татарский ярус Европейской России: проблемы стратиграфии и корреляции с морской тетической шкалой». – М.: Геол. ин-т РАН, 2002. – С. 21–22.
11. Буряк В.А., Горячев Н.А., Сидоров В.А., Цымбалюк Н.В., Сорокин Е.И., Михалицына Т.И., Бяков А.С., Фридовский В.Ю. Основные литостратиграфические уровни юго-востока Яно-Колымского золотоносного пояса, благоприятные для локализации крупнообъемного оруденения // Проблемы геологии и металлогении Северо-Востока Азии на рубеже тысячелетий: материалы XI сес. Сев.-Вост. отд. ВМО регион. науч. конф., посвящ. 100-летию со дня рожд. Ю.А. Билибина. – Магадан: СВКНИИ ДВО РАН, 2001. – Т. 2. – С. 143–145.

12. Михалицына Т.И. Петрогеохимическая характеристика верхнепермских пород Аян-Юряхского антиклинория // Наука Северо-Востока России – начало века: материалы Всерос. науч. конф., посвящ. памяти акад. К.В. Симакова и в честь его 70-летия. – Магадан: СВНЦ ДВО РАН, 2005. – С. 119–120.
13. Михалицына Т.И. Золотоносные толщи пермских отложений Яно-Колымского пояса // Благородные и редкие металлы Сибири и Дальнего Востока: рудообразующие системы месторождений комплексных и нетрадиционных типов руд: материалы науч. конф. – Иркутск: Изд-во Ин-та географ. СО РАН, 2005. – Т. 2. – С. 80–82.
14. Михалицына Т.И. Распределение золота и редкоземельных элементов в пермских отложениях Аян-Юряхского антиклинория // Геология, география и биологическое разнообразие Северо-Востока России: материалы Дальневост. регион. конф., посвящ. памяти А.П. Васьковского и в честь его 95-летия (Магадан, 28–30 ноября 2006 г.). – Магадан: СВНЦ ДВО РАН, 2006. – С. 167–168.
15. Михалицына Т.И. Пермский стратиграфический уровень локализации золотого оруденения юго-восточного фланга Яно-Колымского пояса (литолого-геохимическая характеристика) // Рудогенез и металлогения Востока Азии: материалы конф. к 100-летию д. г.-м. н лауреата Гос. премии Флерова Б.Л. – Якутск: Изд-во ЯГУ СО РАН, 2006. – С. 112–114.
16. Михалицына Т.И. Об условиях формирования пермского осадочного бассейна юго-восточной части Яно-Колымского пояса (по геохимическим данным) // Тектоника и металлогения Северной Циркум-Пацифики и Восточной Азии: материалы Всерос. конф. с междунар. участием, посвящ. памяти Л.М. Парфенова – Хабаровск: ИТиГ ДВО РАН, 2007. – С. 235–237.
17. Михалицына Т.И. О роли пермских осадочных пород в формировании золото-рудной минерализации Аян-Юряхского антиклинория. // Там же. – 2007. – С. 505–507.
18. Михалицына Т.И., Горячев Н.А., Бердников Н.В., Авдеев Д.В. Особенности распределения элементов платиновой группы и золота в пермских породах юго-восточного фланга Яно-Колымского пояса // Золото северного обрамления Пацифика: тез. докл. Всеколымской горно-геолог. конф., посвящ. 80-летию Первой Колымской экспед. Ю.А. Билибина. – Магадан: СВКНИИ ДВО РАН, 2008. – С. 212–214.
19. Тюкова Е.Э., Михалицына Т.И., Викентьева О.В. Редкоземельная минерализация Наталкинского золото-кварцевого месторождения (Магаданская область) // Геохимия и рудообразование радиоактивных, благородных и редких металлов в эндогенных и экзогенных процессах: материалы совещ. – Улан-Удэ, 2007. – С. 168–171.
20. Михалицына Т.И., Никитенко Е.М. Петрографическая характеристика рудовмещающих пород месторождения Дегдекан // Золото северного обрамления Пацифика II Междунар. горно-геол. форум, посвящ. 110-летию со дня рожд. Ю.А. Билибина: тез. докл. горно-геол. конф. (Магадан, 3–5 сент.). – Магадан: СВКНИИ ДВО РАН, 2011. – С. 160–161.

Автореферат

МИХАЛИЦЫНА Татьяна Ивановна

РОЛЬ ЛИТОЛОГО-СТРАТИГРАФИЧЕСКОГО ПЕРМСКОГО УРОВНЯ
В ФОРМИРОВАНИИ БОЛЬШЕОБЪЕМНОГО
ЗОЛОТОГО ОРУДЕНЕНИЯ АЯН-ЮРЯХСКОГО АНТИКЛИНОРИЯ
(ЮЖНЫЙ ФЛАНГ ЯНО-КОЛЫМСКОГО ПОЯСА)

Подписано к печати 14.09.2011 г. Формат 60 x 84/16. Бумага «Люкс»
Гарнитура «Таймс». Усл. п. л. 1,86. Уч.-изд. л. 2,71. Тираж 100. Заказ 11.
Северо-Восточный комплексный научно-исследовательский институт ДВО РАН
658000, г. Магадан, ул. Портовая, 16
Отпечатано с оригинала-макета в МПО СВНЦ ДВО РАН.
685000, г. Магадан, ул. Портовая, 16