

В. В. -
На правах рукописи

УДК 549.238:552.4 (470.21)

ВОРОНЯЕВА Лариса Валентиновна

**ГЕОЛОГИЯ И ЗОЛОТОНОСНОСТЬ
ЮЖНО-ПЕЧЕНГСКОЙ СТРУКТУРНОЙ ЗОНЫ**

Специальность 25.00.01 – общая и региональная геология

АВТОРЕФЕРАТ
диссертации на соискание ученой степени
кандидата геолого-минералогических наук



Санкт-Петербург ♦ 2008

Работа выполнена во

ФГУП «Всероссийский научно-исследовательский геологический институт им А П Карпинского»

Научный руководитель:

доктор геолого-минералогических наук
А М Ахмедов (ВСЕГЕИ)

Официальные оппоненты:

доктор геолого-минералогических наук
Б В Петров (ВСЕГЕИ)

кандидат геолого-минералогических наук
Б Ю Астафьев (ИГГД РАН)

Ведущая организация:

Санкт-Петербургское государственное геологическое унитарное предприятие «Специализированная фирма «Минерал»

Защита состоится «15» *апреля* 2008 года в *14* часов на заседании диссертационного совета Д 216 00102 во Всероссийском научно-исследовательском геологическом институте им А П Карпинского» по адресу Санкт-Петербург, Средний проспект, д 74

С диссертацией можно ознакомиться в библиотеке ВСЕГЕИ

Автореферат разослан «7» *марта* 2008 года

Ученый секретарь диссертационного совета,
кандидат геолого-минералогических наук

Т Толмачева

ТЮ Толмачева

Актуальность проблемы. В последнее время возросла роль золота как промышленного металла в связи с применением в электронике, космической, медицинской технике и т.д. По данным «Российской бизнес-газеты» за последние 5 лет (2002–2008 гг.) цена золота на мировых рынках увеличилась более чем в 3 раза с 9 до 30 \$ за грамм. Таким образом, актуальность проблемы добычи, и соответственно поисков коренных и россыпных источников золота в последнее время значительно возросла.

Последние десятилетия отмечены заметными успехами геологических работ на золото в зарубежной части Балтийского щита на площадях, прилегающих к государственной границе России, которые в геологическом отношении обнаруживают вполне определенную аналогию с территорией Мурманской области Горнодобывающими предприятиями Швеции, Финляндии, Норвегии из коренных источников извлечено более 500 т золота, открыты средние и крупные собственно золоторудные месторождения (Суурикуусико и др.), в то время как на территории Мурманской области до последнего времени не было выявлено ни одного промышленного золоторудного объекта (Голубев и др., 2007).

Южно-Печенгская структурная зона расположена в южной части Печенгской структуры, которая является частью Печенгско-Варзугской нижнепротерозойской рифтогенной структуры. Первые сведения о геологии этого района были получены в процессе работ М.А. Мельникова (1891–1892 гг.), В. Танера (1909, 1924, 1929 гг.), С. Конради (1913–1915 гг.), Х. Хаузена (1922–1924 гг.), А.А. Полканова (1911–1935 гг.). Повышенный интерес к району был обусловлен обнаружением С. Конради ультраосновных никеленосных пород, а впоследствии и медно-никелевых руд (Торнквист, 1921). В послевоенные годы началось систематическое геологическое изучение этой площади. Здесь были проведены геологические съемки масштабов 1:200 000 – 1:50 000 (Гольцбург, 1946, Иванова, 1954, Чалых, 1976, Шлайфштейн, 1987, Паничев, 1995, и др.), поисковые и разведочные работы (Беляев, 1958, Копытько, 1978, Филимонов, 1971, и др.).

На территории Печенгской структуры и ее обрамления непрерывно велись и научные исследования, участие в которых принимали сотрудники Кольского филиала АН СССР, ЛГИ, ЛГУ, МГРИ, ВСЕГЕИ, ТКЭ СЗТГУ и многих других организаций. Особое значение имели работы В.Г. Загородного, Д.Д. Мирской, М.А. Гиляровой, А.М. Ахмедова, З.М. Волошиной, В.А. Мележика, П.К. Скуфьина, В.Ф. Смолькина, А.А. Предовского, в которых в разных аспектах затрагивались вопросы региональной геологии, геохимии, геофизики, рудной геологии, металлогении, петрологии, метаморфизма.

К началу 90-х гг. по северной части Печенгской структуры и ее обрамлению выполнен значительный объем производственных и научных исследований, связанных в основном с никеленосностью этого района. Однако Южно-Печенгская структурная зона была изучена в значительно меньшей степени, поскольку в ее пределах не были открыты месторождения медно-никелевых руд, а изучение геологического строения и минерализации этой обширной зоны усложнялось слабой обнаженностью и сложностью строения, но вместе с тем уже в 60–70-е гг. прошлого столетия появились первые данные, свидетельствующие о потенциальной золотоносности пород южно-печенгского комплекса. Были выявлены отдельные пункты минерализации золота в коренных породах и установлена связь их с зонами деформаций и метасоматоза.

Впервые золоторудная минерализация Южно-Печенгской зоны (ЮПЗ) была выявлена при проведении поисковых работ на никель (Филимонов, 1971) и при небольшом количестве проанализированных проб на золото (17 проб) отмечены аномальные содержания золота до 0,63 г/т, связанные с мощными зонами сульфидной минерализации и окварцевания. Эти данные дополнены работами по ГДП-50 (Паничев, 1995), когда впервые были выделены золоторудные зоны в ранге рудопроявлений с максимальными содержаниями золота в отдельных пробах до 3 г/т.

В 2000–2004 гг. Центрально-Кольской экспедицией в пределах ЮПЗ проведены специализированные поисковые работы на золото, в которых автор принимала участие в качестве ответственного исполнителя. Полученные материалы позволили уточнить особенности геологического строения ЮПЗ и по-новому оценить перспективы золотоносности этой площади, а также возможности обнаружения промышленных объектов.

Цель и задачи исследований Цель работы состояла в уточнении особенностей геологического строения Южно-Печенгской структурной зоны, выявлении закономерностей размещения здесь золотого оруденения и разработки критериев поиска его промышленных концентраций

Основные задачи заключались в определении факторов контроля золотого оруденения, его формационной принадлежности, установлении генетической связи минерализации золота с метасоматическими процессами и магматизмом Эти задачи решались геологическими, геохимическими, минералогическими методами и сводились к следующему

- уточнение особенностей геологического строения Южно-Печенгской зоны,
- определение фациальных типов метасоматитов, связанных с образованиями южно-печенгского комплекса,
- изучение золотоносности зон метасоматической переработки и выявление наиболее перспективных в отношении золотого оруденения образований,
- выделение и изучение парагенетических ассоциаций минералов золота с благороднометаллической (серебро, МПГ) и иной минерализацией,

Фактический материал. Фактической основой послужили оригинальные материалы, собранные автором в процессе проведения поисковых работ на золото в Южно-Печенгской структурной зоне в период с 2000 по 2005 г Был привлечен также имеющийся в архивах и фондах фактический материал геологосъемочных и поисковых работ, проведенных в 60–90-е гг прошлого столетия

По детальным площадям и разрезам изучены супракрустальные образования тальинской и песчаноозерской толщ, пороярвинской серии (каллояурская, брагинская, меннельская свиты, каплинская, кассейюкская толщи), комплексы гранитоидов (шуонинский, каскельярский, брагинский и др), а также разнообразные по составу метасоматиты, располагающиеся в районе озер Ансемъяуре, Брагино, Меннельяур, реки Печенга, горы Порыташ и на других участках Геологическое строение и золоторудные зоны Южно-Печенгской зоны изучались путем картирования детальных участков по коренным выходам обнажений, горных выработок, и керна скважин Изучено свыше 500 обнажений, задокументировано 1500 пм керна скважин и 1400 пм полотна канав, исследовано более 2000 петрографических шлифов, 30 аншлифов, выполнено около 4000 спектральных анализов на 30 элементов и 4000 анализов на золото Золото определялось атомно-абсорбционным анализом в лаборатории КГИЛЦ (г Апатиты), который подтвержден пробирными анализами (ЦНИГРИ, МЕХАНОБР) На платиноиды выполнено 20 химико-спектральных анализов по коренным породам и 30 анализов по четвертичным отложениям

Минералогический анализ пород проведен в лаборатории КГИЛЦ г Апатиты, аналитик Т А Мигина Фазовый анализ золоторудного концентрата проявления Ансем, который сопровождался микроскопическими анализами рудных и нерудных минералов, выполнен в г Санкт-Петербурге фирмой НАТИ (аналитик В В Кнауф) Минералогическое описание аншлифов произведено старшим научным сотрудником КНЦ РАН к г-м н Ю Н Нерадовским Флюидный анализ газово-жидких включений из метасоматических кварцитов проявления Ансем выполнен ст научным сотрудником ВСЕГЕИ Е В Толмачевой

Научная новизна и практическая значимость работы. Детально изучены структурные соотношения пород тальинской толщи и южно-печенгского комплекса с гранитоидными массивами, обрамляющими ЮПЗ с юга Впервые в Южно-Печенгской структурной зоне установлены три формационных типа золотометаллического оруденения (золото-кварцевый малосульфидный, золото-сульфидно-кварцевый, колчеданный золотоносный) с которыми связаны промышленно значимые содержания золота, локализованные в следующих породах метасоматических кварцитах и скарноидах, березитах, лиственитах и ассоциирующих с ними метасоматитах, вулканогенно-черносланцевых толщах и развитых по ним метасоматитах, андезидацитах порыташского комплекса, колчеданных рудах, карбонат-кварцевых жилах

Выделены метасоматиты кислотных, основных и щелочных фаций (кварциты, скарноиды, березиты, листвениты, альбититы и другие), проведено их ранжирование по генетической принадлежности, температурному режиму и другим признакам

Изучена последовательность развития метасоматических процессов и связанного с ними рудообразования в ходе эволюции ЮПЗ, установлена последовательность выделения рудных минеральных фаз

Впервые локализованы золотоперспективные зоны окварцевания, имеющие протяженность более 50 км и приуроченные к тектоническим нарушениям северо-западного направления, секущим все геологические комплексы ЮПЗ. Эти зоны отчетливо выражены в геофизических полях и сопровождаются контрастными вторичными геохимическими аномалиями золота и его элементов-индикаторов. Выявлено и изучено местоположение, морфология тел наиболее перспективных на золото рудовмещающих пород – метасоматических кварцитов, их связь с вмещающими породами. Впервые установлено, что в ассоциации с самородным золотом высокой пробыности помимо традиционных рудных минералов присутствуют арсениды, теллуриды, висмутиты золота и платины.

Выделены наиболее перспективные на благороднометалльное оруденение участки ЮПЗ, даны рекомендации на проведение дальнейших поисковых работ.

Защищаемые положения.

1 Южно-Печенгская структурная зона выполнена стратифицируемыми толщами, образующими возрастную последовательность (снизу) тальинская толща (верхний лопий-карелий), песчаноозерская свита и пороярвинская серия (карелий). Исследование взаимоотношений гранитоидных массивов и образований тальинской толщи показало отсутствие надвига между купольными структурами и осадочно-вулканогенным комплексом.

2 Метасоматические образования Южно-Печенгской структурной зоны представлены несколькими фациальными группами, принадлежащими разным температурным и генетическим классам.

3 В Южно-Печенгской структурной зоне выделяется несколько формационных типов золоторудных проявлений, состав и продуктивность которых определяются структурно-тектоническим контролем, составом вмещающих пород и характером метасоматоза.

Апробация работы. Полученные результаты исследований представлялись на научных совещаниях и конференциях на международной конференции «Рифтогенез, магматизм, металлогения докембрия. Корреляция геологических комплексов Фенноскандии» (Петрозаводск, 1999), на XIV молодежной научной конференции, посвященной памяти К.О. Кратца «Геология и геоэкология северо-запада России» (Петрозаводск, 2003), на I Российской конференции по проблемам геологии и геодинамики докембрия «Геология и геодинамика архея» (Санкт-Петербург, 2005). Основные положения диссертационной работы опубликованы в шести научных статьях и тезисах и представлены в четырех производственных отчетах.

Благодарности. В ходе работы автор пользовалась поддержкой и консультациями сотрудников ОАО «Центрально-Кольская экспедиция» и ОАО «КГИЛЦ», и в первую очередь А.М. Ремизовой, А.Б. Дураковой, В.А. Павлова, С.С. Караваева и др., сотрудникам ВСЕГЕИ к.г.-м. наук В.А. Стромову, Н.В. Лукьяновой, за что приносит им свои благодарности. За консультации и помощь по теме «Метасоматические образования» автор благодарит к.г.-м. наук, вед. научного сотрудника ВСЕГЕИ О.А. Воинову и к.г.-м.н., ст. научного сотрудника ИГГД РАН Б.Ю. Астафьева. Особую признательность автор выражает научному руководителю заведующему отделом геологии докембрия ВСЕГЕИ д.г.-м.н. профессору А.М. Ахмедову, по инициативе которого была начата эта работа. В процессе подготовки и проведения работы он щедро делился своим богатым опытом, просматривал рукопись, внося ценные замечания и предложения. Огромная благодарность за помощь в оформлении графических приложений, рисунков сотрудникам Центрально-Кольской экспедиции М.Г. Шаранковой и Л.А. Долгинцевой.

Структура и объем работы. Диссертация состоит из введения, трех глав и заключения. Объем работы без рисунков составляет 133 страницы, включающих 11 таблиц, размещенных на 15 страницах. Работа иллюстрирована 36 рисунками на 38 страницах. Список литературы включает 82 наименования.

Обоснование защищаемых положений

1 Южно-Печенгская структурная зона выполнена стратифицируемыми толщами, образующими возрастную последовательность (снизу) тальинская толща (верхний лопий-карелий), песчаноозерская свита и пороярвинская серия (карелий). Исследование взаимоотношений гранитоидных массивов и образований тальинской толщи показало отсутствие надвига между купольными структурами и осадочно-вулканогенным комплексом.

Южно-Печенгская зона представляет собой опрокинутую синклиналь и в плане на современном эрозионном срезе имеет отчетливо выраженную поясовую конфигурацию. Ширина зоны от 0,5 км на периферии до 15 км в центральной части, протяженность в северо-западном направлении составляет около 70 км, тогда как ее восточный фланг в районе оз. Каскель развернут в меридиональном направлении (рис 1). Южный край зоны осложнен внедрением интрузий габбро-диорит-плагногранитной формации (Каскамский, Каскельяврский, Шуонинский массивы) и граница с расположенными южнее архейскими образованиями имеет сложную форму. Северную границу ЮПЗ с Северо-Печенгской зоной традиционно проводят в виде прямолинейного мощного тектонического нарушения.

К наиболее древним в пределах ЮПЗ относятся вулканогенно-осадочные образования тальинской толщи (лопий – карелий), которые перекрываются нижнепротерозойскими отложениями следующей возрастной последовательности (снизу вверх) песчаноозерская толща, коррелируемая с вулканитами свиты Матерт, пороярвинская серия, в составе которой выделяют каллояурскую, брагинскую, менельскую свиты, каплинскую и кассейюкскую толщи. Площадь ЮПЗ характеризуется умеренным развитием интрузивных образований, связанных с протерозойскими тектоно-магматическими циклами.

В пределах ЮПЗ выделяются три структурно-фациальные подзоны (СФП) – западная, центральная и восточная, которые различаются строением слагающих их толщ, составом, мощностью и глубиной эрозионного среза (рис 2). Нерасчлененные лопий-карельские образования тальинской толщи, занимающие нижнее стратиграфическое положение, наиболее развиты в западной СФП. Во флангах ЮПЗ – западной и восточной СФП – преобладают метабазальты песчаноозерской толщи, которая коррелируется с верхней частью свиты Матерт Северной Печенги (Паничев, 1995). Собственно южно-печенгский осадочно-вулканогенный комплекс (пороярвинская серия) развит преимущественно в центральной СФП, где отмечена и его максимальная мощность. Для пороярвинской серии характерны фациальная и латеральная зональность. Здесь туфо-терригенные образования каллояурской и брагинской свит, залегающие в нижней части разреза пороярвинской серии, представлены глубоководными, в том числе турбидитовыми отложениями. Для вулканогенных образований и их субвулканических комматов, подразделяемых на две ассоциации – пикробазальтовую и андезит-дацит-риолитовую («Магматизм», 1995), также характерна резкая изменчивость по простиранию ЮПЗ. В восточной и центральной СФП залегают преимущественно породы пикробазальтовой (нижняя часть брагинской, менельская свиты) ассоциации, которая по простиранию на запад сменяется андезит-дацит-риолитовой ассоциацией (каплинская толща), с преобладанием в западной СФП пирокластических образований. Завершает разрез пороярвинской серии туфо-терригенная касейюкская толща, метасадочные породы которой развиты только в западной СФП.

К наиболее древним вулканогенно-осадочным образованиям ЮПЗ отнесена *тальинская толща*, положение которой в разрезе южно-печенгского комплекса долгое время оставалось дискуSSIONным и разными исследователями она помещалась в диапазон от лопия до верхней части раннего протерозоя (Курьлева, 1947, Иванова, 1954, Увадзев, 1959, Загородный и др., 1964, Мирская, 1966, Поляк, 1966, Гилярова, 1967, Филимонов, 1971, Предовский, 1980, Скуфьин, 1980, Ремизова, 1995, Дуракова, 2003). Нами было установлено, что в контактовой зоне пород тальинской толщи и залегающих выше амфиболитов песчаноозерской толщи на значительном расстоянии по простиранию наблюдаются валунно-глыбовые брекчи, содержащие обломки метасадков.

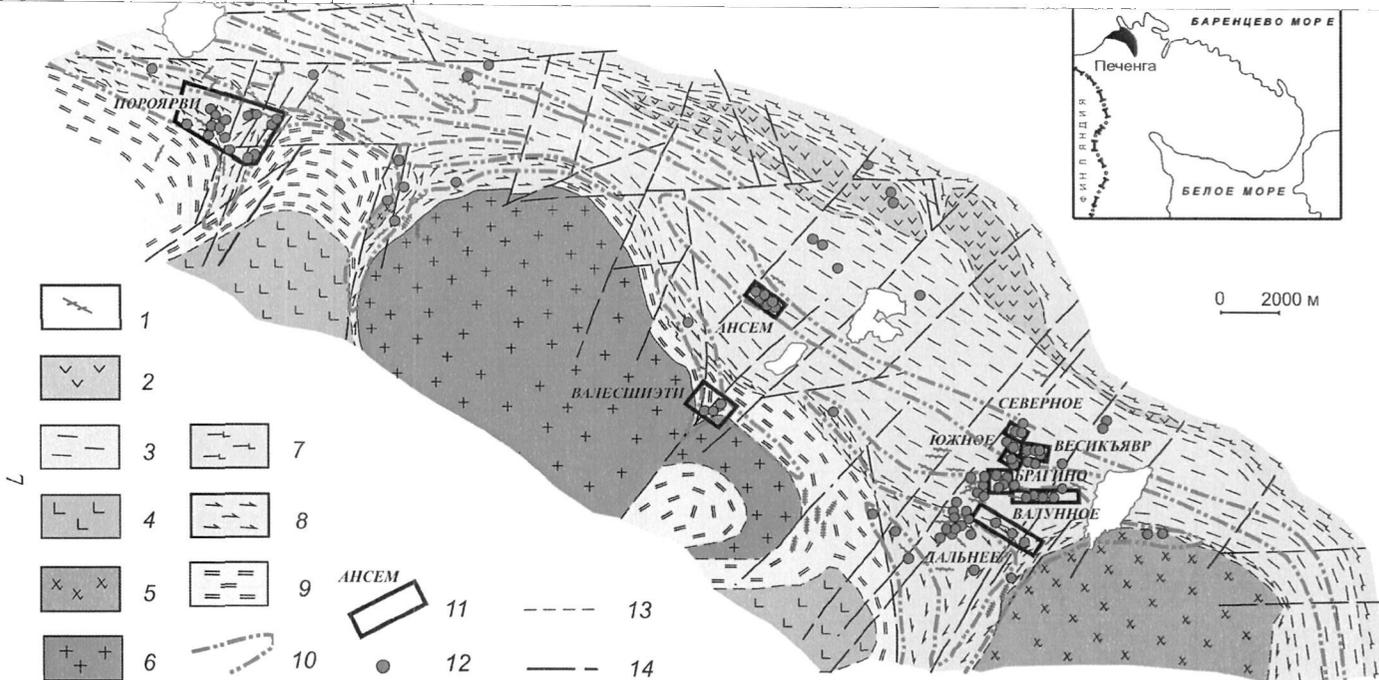


Рис. 1. Геологическая схема Южно-Печенгской структурной зоны с размещением золоторудных участков

1 – брагинский комплекс малых тел и жил – диориты, гранит-порфириды, сиениты, лампрофиры; 2 – порыташский комплекс субвулканических андезидацитовых порфиритов; 3 – пороярвинская серия – метаморфизованные песчаники, алевролиты, пелиты, андезидациты, базальты, пикробазальты; 4 – каскамский габбро-гранодиоритовый комплекс – метаморфизованные габбро, габбронориты и сланцеватые амфиболиты по ним; 5 – каскелявский диоритовый комплекс – кварцевые диориты, диориты, гранодиориты, габбродиориты; 6 – шуонинский плагиогранитный комплекс – плагиограниты метаморфизованные, граниты микроклин-плагиоклазовые гнейсовидные; 7 – свита Матерт – метаморфизованные базальты шаровые и массивные, их туфы, силлы габбро-диабазов; 8 – песчаноозерская толща – сланцеватые амфиболиты, хлорит-амфиболовые сланцы, метаморфизованные базальты и их туфы; 9 – тальнинская толща – ритмично-слоистые биотитовые, двуслюдяные гнейсо-сланцы, прослои амфиболитов; 10 – рудоперспективные на золото зоны, выделенные по ряду признаков (геологических, геофизических, геохимических); 11 – площади золоторудных проявлений и их название; 12 – пункты минерализации золота и сопутствующих элементов (МПГ, серебра, меди, мышьяка и др.); 13 – геологические границы; 14 – разрывные нарушения

Структурно-фациальные подзоны

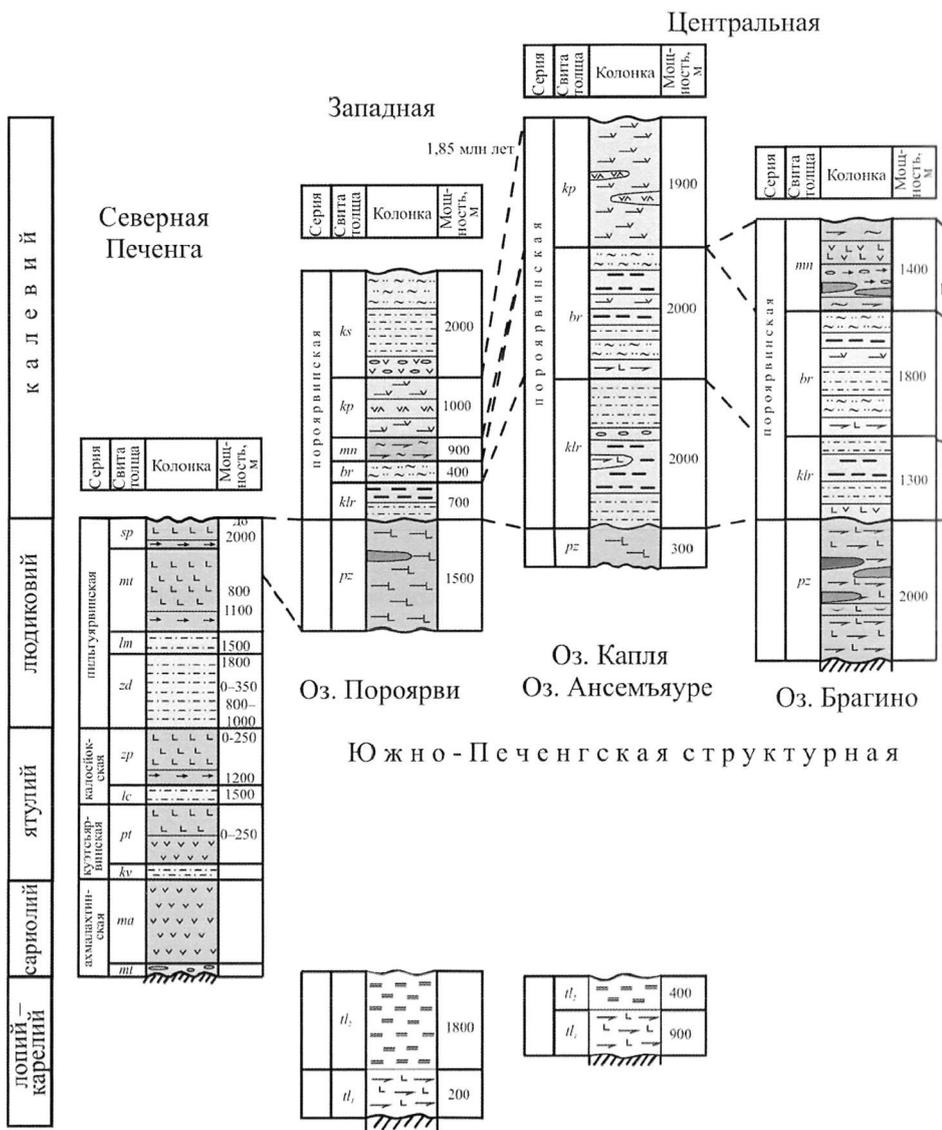


Рис. 2. Схема корреляции разрезов нижнепротерозойского комплекса Южно-Печенгской зоны

тальинской толщи, что может указывать на стратиграфическое несогласие между этими подразделениями

С юга образования тальинской толщи прорваны интрузиями *шуонинского плагиогранитного комплекса*, представленного двумя массивами плагиогранитов – Шуонинским и Руоссельским. Изучение взаимоотношений пород тальинской толщи и крупных тел гранитоидов показало, что последние интенсивно воздействовали на сланцы тальинской толщи при внедрении вблизи этих массивов во вмещающих сланцах отмечены секущие жилы гранитов и пегматитов, развиты зоны приконтактных метасоматитов (кварцитов и ставролит-мусковит-кварцевых метасоматитов) а также проявлена мигматизация тальинских гнейсо-сланцев. В эндоконтактных зонах плагиогранитов Шуонинского массива, имеющих возраст 1939 ± 7 млн лет (Баянова, 1999), присутствуют многочисленные ксенолиты амфиболитов тальинской толщи. Это указывает на внедрение гранитоидов шуонинского комплекса в гнейсо-сланцевую тальинскую толщу, что подчеркивает более ранний возраст тальинской толщи по отношению к гранитоидам, и противоречит идее наличия крупного надвига, имевшего место вдоль контактов этих интрузий с вулканогенно-осадочным южно-печенгским комплексом.

Тальинская толща перекрывается возрастным аналогом свиты Матерт – *песчаноозерской толщцей*, сложенной метаморфизованными сланцеватыми базальтами, покровами андезибазальтов, пикробазальтов, пикритов и их туфов, которые в свою очередь перекрываются образованиями пороярвинской серии. В восточной СФП метавулканыты песчаноозерской толщи прорываются *Каскельярским массивом диоритов*.

Таким образом, отсутствие крупного надвига, по которому, как предполагалось ранее («Магматизм», 1995, Ремизова, 2000), Каскельярский, Шуонинский, Руоссельский массивы надвинуты на комплекс пород ЮПЗ, подтверждается следующими фактами

– наличие нормальных интрузивных контактов гранитов шуонинского комплекса с гнейсо-сланцами тальинской толщи и диоритов каскельярского комплекса с амфиболитами песчаноозерской толщи,

– сланцеватость вмещающих интрузивы пород согласна контактам и имеет падение от массивов, иногда пологое под углами $15-45^\circ$, что подчеркивает их купольную структуру,

– в амфиболитах песчаноозерской толщи в полосе шириной 250–700 м вблизи диоритового массива развиты зоны вторичных изменений, возникшие в связи с внедрением и становлением крупного диоритового плутона. Они представлены ореолами окварцевания с магнетит-амфиболовыми метасоматическими кварцитами, телами эпидозитов, гранат-пироксен-эпидотовых скарнов,

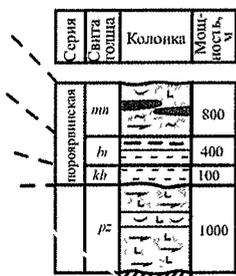
– наличие тел жильной фазы диоритов во вмещающих амфиболитах,

– наличие вдоль контактов Каскельярского массива халькопирит-магнетитовой минерализации типично скарнового генезиса

Поскольку возраст Каскельярского массива 1940 ± 17 млн лет (Ветрин, 1987), отсюда следует, что тальинская и песчаноозерская толщи древнее этого рубежа

В сводном разрезе ЮПЗ выше следует *пороярвинская серия* (рис 2), разрез которой начинается с *каллоурской свиты*. По нашим данным к каллоурской свите отнесены также блоки существенно терригенных пород, развитые вдоль южного фланга ЮПЗ и ранее относимые к брагинской свите (Паничев, 1955). Разрез свиты представлен метаморфизованными ритмично-слоистыми туфогенно-терригенными осадками, включающими редкие покровы metabазальтов, метапикробазальтов, метаандезидаци-

Восточная



Южнее оз Каскель

з о н а

тов и их туфов В центральной части и основании свиты залегают маломощные линзы полимиктовых конгломератов, туфоконгломератов

Каллояурская свита прорывается субсогласными линзовидными телами *порыташского комплекса андезидацитовых порфиритов*, имеющим возраст 1718 ± 29 млн лет (Балашов, 1995), которые представлены двумя крупными экструзиями и несколькими силлоподобными телами меньших размеров Вулканическое стекло в основной массе порфиритов свидетельствуют о субвулканических условиях формирования этих пород

Каллояурская свита перекрывается отложениями *брагинской свиты*, которая представлена переслаиванием метаморфизованных туфогенно-терригенных осадков, эффузивов андезитового, пикрит-базальтового состава и их туфов Соотношение мощности и пород разного состава в разрезе этой свиты заметно меняется по ее простиранию от западной СФП к восточной Так в районе оз Пороярви на метаосадках каллояурской свиты залегают метатерригенные и туфогенно-терригенные сланцы, выше в ее разрезе преобладают метаморфизованные андезиты, андезидациты, андезибазальты и их туфы В центральной СФП нижняя часть разреза брагинской свиты представлена покровами метаморфизованных лав базальтового, пикробазальтового и андезибазальтового состава Выше по разрезу следуют метатерригенно-осадочные сланцы, углеродистые сланцы, туфы, туффиты В восточной СФП, в районе оз Песчаное, основную часть разреза брагинской свиты составляют метаосадочные углеродистые сланцы, с редкими маломощными покровами вулканитов кисло-среднего состава

Выше по разрезу следуют вулканиты *меннельской свиты*, которые слагают ядро Пороярвинской синклинали К северо-западу от оз Брагино они выклиниваются, сменяясь по латерали вулканитами кисло-среднего состава каплинской толщи Фрагменты меннельской свиты известны также на северо-западном берегу оз Пороярви, и были выявлены нами к северо-западу от оз Шуонияур Здесь меннельская свита образует линзовидное, почти изометричное тело размером $2,1 \times 1,8$ км, форма, строение и характер разреза которого позволяет трактовать его как палеовулканическое сооружение

Значительный объем меннельской свиты составляют вулканогенные образования базальты, пикробазальты и андезиты, имеющие возраст 1865 ± 65 млн лет (Балашов и др., 1995) Палеовулканиологическое изучение меннельской свиты показало, что более магнезиальные породы – пикриты, кластолавы, агломератовые туфолавы и туфовы базальт-пикритового состава играют подчиненную роль, а на северо-западном берегу оз Меннель они образуют палеовулканоструктуру с двумя эруптивными центрами

С вулканитами меннельской свиты связаны субвулканические пластообразные тела габбродиабазов и пикритов, дайки метагаббро, метадолеритов южно-печенгского комплекса, мелкие тела брагинского комплекса – сиениты, диориты, лампрофиры

Каплинская толща располагается в западной и центральной структурно-фациальных подзонах, где образует три автономные палеовулканические структуры – Северопороярвинскую, Южнопороярвинскую и Каплинскую (Паничев, 1995) Контакт каплинской толщи и залегающей ниже брагинской свиты стратиграфический, тектонизированный, и представлен постепенным и частым переслаиванием металуванитов каплинской толщи и метатерригенных сланцев брагинской свиты В зоне контакта отмечены вертикально залегающие милонитизированные метаандезидациты и метаосадочные углеродсодержащие сланцы (Вороняева, 2004)

Разрез каплинской толщи сложен пестрым набором вулканитов различных фациальных типов возраста 1855 ± 54 млн лет (Балашов и др., 1995), но преимущественно андезитового состава андезитами, андезидацитами и андезибазальтами, экструзивными образованиями жерловых фаций, лавобрекчиями, горизонтами туфоконгломератов и туфов

Разрез Южно-Печенгской структурной зоны завершает *касейюкская толща*, которая сложена метаморфизованными ритмично-слоистыми туфогенно-терригенными осадками В ее основании залегают пачка туфоконгломератов мощностью не менее 80 м, в строении которой отмечается грубая градационная слоистость в основании каждого ритма с резким нижним контактом залегают метатуфоконгломераты, которые выше по разрезу сменяются метатуфогравелитами и метатуфопесчаниками (Паничев, 1995)

В группу интрузий *южно-печенгского комплекса* включены тела метагаббро, метадолеритов, пироксенитов, расположенные среди вулканогенно-осадочных образований *Брагинский комплекс* интрузий представлен малыми субвулканическими телами и жилами диоритов, гранит-порфиров, сиенитов, лампрофиров. Наиболее интересными образованиями являются лампрофиры, с которыми парагенетически связано золотое оруденение. Среди них выделяются бесполовошпатовые, полевовшпатовые, кварцевые лампрофиры и эругитивные брекчи, которые пространственно приурочены к участкам развития сиенитов, диоритов. Возраст лампрофиров, полученный U-Pb методом по цирконам, равен 1711 ± 12 млн лет (Скуфьян, 1999).

2. Метасоматические образования Южно-Печенгской структурной зоны представлены несколькими фациальными группами, принадлежащими разным температурным и генетическим классам

В пределах Печенгской структуры в направлении от осевой части к периферии выделяют шесть региональных метаморфических зон, образующих концентрически-зональный овал («Магматизм», 1995). Для северной и центральной частей Южно-Печенгской зоны отмечаются хлорит-актинолитовая и биотит-актинолитовая зоны зеленосланцевой фации метаморфизма, которые охватывают площади распространения пород каллоюрской, частично – брагинской свит. Следующая, эпидот-амфиболитовая зона, наблюдается в виде полосы северо-западного простирания, северная граница которой проходит вдоль линии озер Пороярви-Капля-Брагино, смещаясь далее на юго-восток. Это площади развития образований брагинской, меннельской свит, каплинской и кассейской толщ. Амфиболитовая зона метаморфизма развита вдоль южной периферии ЮПЗ, где прерывисто обрамляет образования предыдущей зоны, и охватывая преимущественно песчаноозерскую и тальинскую толщи. На всем протяжении ЮПЗ локально в тектонических зонах наблюдаются минеральные парагенезисы низкотемпературного характера, связанные с регрессивным метаморфизмом и метасоматозом.

Формирование осадочно-вулканогенных и интрузивных комплексов сопровождалось мощными метасоматическими процессами, которые проявились практически на всех этапах становления Южно-Печенгской зоны. Наиболее интенсивный метасоматоз проявлен в благоприятных структурных, литолого-фациальных и тектонических обстановках, но в региональном плане отмечается следующая зональность в размещении метасоматитов: вдоль периферии ЮПЗ располагаются метасоматиты субщелочного (основного) ряда, в центре преобладают кислые и щелочные метасоматиты (рис. 3).

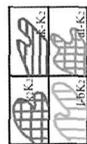
В пределах ЮПЗ по минеральным парагенезисам выделяются три химических типа *метасоматитов* (кислотные, основные, щелочные), которые соответствуют трем температурным уровням метасоматоза – высокотемпературному, среднетемпературному и низкотемпературному. По геологическим условиям проявления и генетической принадлежности метасоматиты ЮПЗ подразделяются на три крупные группы:

- регионально-метаморфические (средне-высокотемпературные),
- контактово-метаморфические (среднетемпературные),
- дислокационно-метаморфические (средне-низкотемпературные).

Первые две группы представлены кислотными и основными минеральными фациями, последняя – кислотными, основными, щелочными. При этом возникали тела полнопроявленных метасоматитов и окружающие их зоны в разной степени измененных пород (внешние и промежуточные зоны метасоматитов). Каждая группа метасоматитов сопровождается метаморфогенными жилами (кварцевыми, карбонатными, альбитовыми), которые проявились на поздних стадиях процесса.

Среди регионально-метаморфической группы выделяются кварциты, скарноиды, амфибол-карбонат-кварцевые и сульфидно-углеродистые метасоматиты. Они имеют региональное распространение, приурочены к северо-западной системе разломов, развивались на фоне прогрессивного регионального метаморфизма и в связи с ним. Минеральные ассоциации метасоматитов региональной группы (кианит – ставролит – силлиманит – гранат – биотит – куммингтонит – кварц) позволяют отнести их к средне-высокотемпературному классу (Жданов, 1999).

Наиболее широко в пределах ЮПЗ развиты *кварциты*, с которыми связана продуктивная золоторудная минерализация, поэтому остановимся на них подробнее. Метасоматические кварциты размещены в границах широких участков окварцевания,



Метасоматиты и связанные с ними жилы: кварциты (K), амфибол-карбонат-кварцевые метасоматиты (ak), листвениты, березиты (l-b), альбититы (al)



Пропилиты и проphyllитизированные породы (p): а – полнопроявленные метасоматиты эпидотитового состава; б – ореолы интенсивно проphyllитизированных пород; немасштабные тела скарнов гранат-диопсид-эпидотовых (sk)

Золоторудные проявления и их названия



Остальные условные обозначения см. на рис. 1

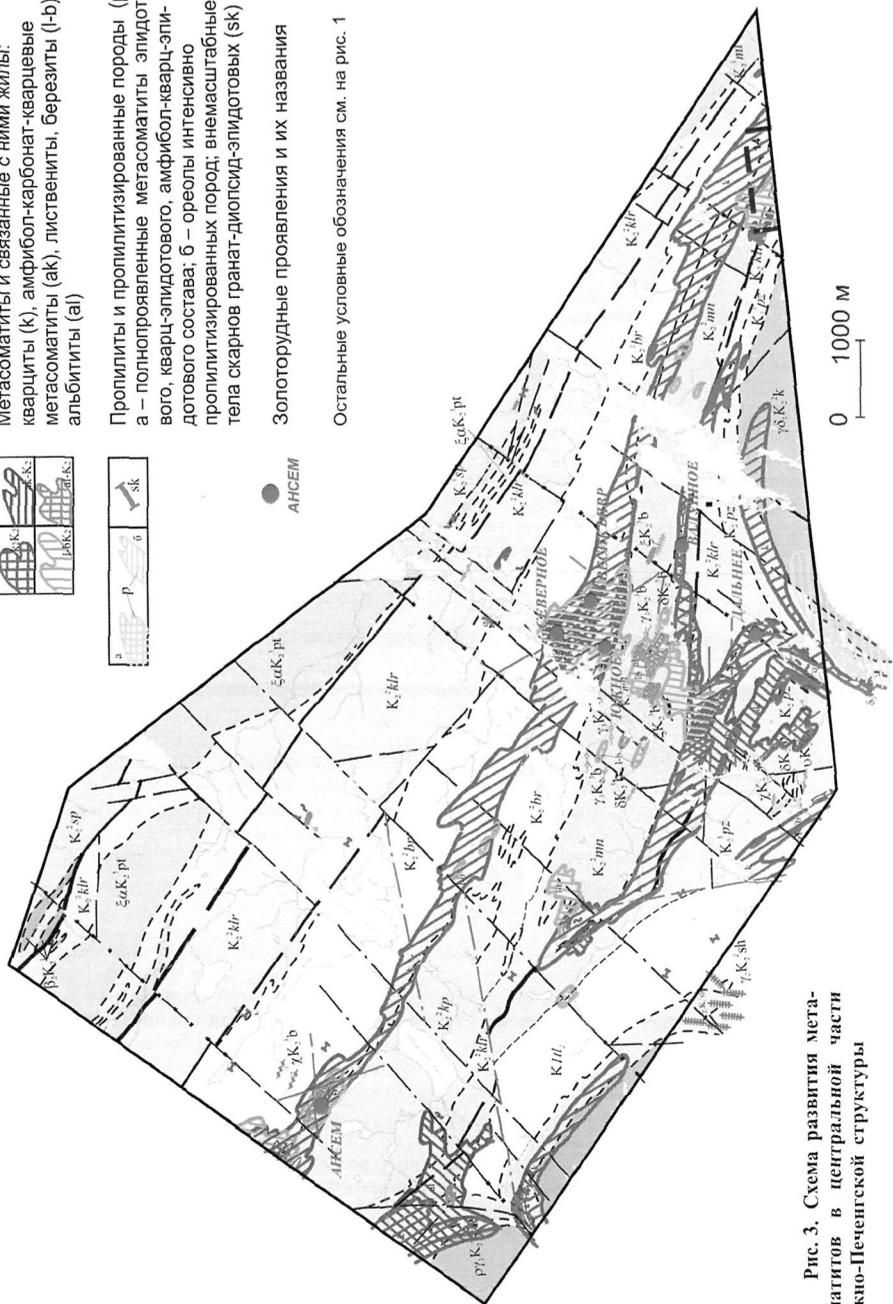


Рис. 3. Схема развития метасоматитов в центральной части Южно-Печенгской структуры

образующих две региональные зоны – Северную и Южную, которые выделены нами в качестве рудоперспективных зон (РЗ), так как именно в их границах отмечена максимальная концентрация поносковых предпосылок, признаков и проявлений золота. В границах региональных зон окварцевания наблюдаются узкие и протяженные участки насыщения кварцитами – «горизонты». Последние имеют мощность до первых десятков метров, располагаются среди углеродистых, сульфидно-углеродисто-кварцевых, серицит-кварцевых сланцев, а также присутствуют в амфиболитах, метапикробазальтах, метаандезидацитах, размещаясь по разрезу в несколько ярусов на расстоянии десятков сантиметров и метров друг над другом. Протяженность «горизонтов» кварцитов достигает 3 км, но обычно они прослежены на 100–800 м. Длина отдельных линз кварцитов в пределах «горизонтов» составляет 50–200 м, достигая 1,5 км, мощность варьирует от 0,5 до 27 м, в единичных случаях – до 100 м. Кварциты имеют линзовидную и пластобразную форму тел. Нередко они образуют линзовидно-сетчатые зоны, где среди монокварцевых пород отмечаются реликты сильно переработанного субстрата. Всего по изученному фрагменту ЮПЗ установлено более 120 тел кварцитов. Обычно кварциты несут черты интенсивного тектонического воздействия, имеют брекчиевидный облик, разбиты на мелкие блоки или будины.

В средне-высокотемпературных классах наиболее распространены две группы кварцитов: магнетит-силлиманитовые и магнетит-куммингтонитовые. Для отдельных тел этих кварцитов (или в мелких телах) отмечены петрографические разновидности мономинеральные кварцевые, магнетитовые, гематитовые, силлиманитовые, куммингтонитовые, карбонат-силлиманитовые, карбонат-магнетитовые и другие. К этому же температурному классу отнесены кварциты, встречающиеся реже: биотитовые, тремолитовые, гранатовые, гранат-куммингтонитовые. Магнетит-силлиманитовые кварциты развиваются по терригенно-осадочным породам каллояурской и брагинской свит, магнетит-куммингтонитовые – по metabазальтам песчаноозерской толщи и метапикритах мендельской свиты. В условиях регрессивной стадии метаморфизма возникали низкотемпературные метасоматические ассоциации и происходило наложение низкотемпературных парагенезисов на ранние высокотемпературные. Тогда наблюдаются углеродистые, карбонатные, серицитовые, хлоритовые, актинолитовые, альбитовые кварциты.

Метасоматиты кислотного выщелачивания имеют четкую хорошо выраженную зональность как внутри линзы кварцитов, так и в экзоконтактных зонах. При этом маломощные тела обычно представлены одной-двумя петрографическими разновидностями кварцитов. В более крупных линзах наблюдается сложное чередование метасоматических зон, при этом выдержана общая тенденция смены состава кварцитов от центра линзы к периферии: магнетит-силлиманитовые (или амфиболовые) → силлиманитовые → существенно кварцевые → карбонатные. Полнопроявленные тела метасоматических кварцитов обычно окружены кварц-карбонат-биотитовыми, биотит-амфибол-кварцевыми, гранат-амфибол-кварцевыми метасоматитами. В зонах сопряженной базификации, вблизи тел кварцитов развиты гранат-амфибол-магнетитовые, силлиманит-амфиболовые, карбонат-талль-хлоритовые метасоматиты.

По метасоматическим кварцитам золоторудного проявления Ансем выполнен флюидный анализ пластинки кварцитов. Изучение газово-жидких включений показало наличие трех генераций кварца: 1) вулканогенного (20%), 2) метаморфогенного (70%), 3) регенерированного высоко флюидонасыщенного (10%). В кварце обнаружено несколько генераций первичных (сингенетичных с кварцем) включений, что позволило проследить эволюцию флюида в процессе метаморфизма. Наиболее ранние включения представлены высококонцентрированными водносолевыми и углекислотными газовыми. Позднее образовались протяженные цепочки, состоящие из включений кипящих флюидов. Вскипание флюидов характерно для метаморфизма в условиях декомпрессии, например, при формировании гранито-гнейсовых куполов, когда давление достаточно быстро снижается, поэтому максимальное давление метаморфизма могло быть и выше 3 кбар. Позже всех образовались цепочки газово-жидких включений с одинаковым коэффициентом наполнения, равным 0,7–0,8, что соответствует температуре (Ермаков, 1978) порядка 300–350 °С – температуре регрессивной стадии метаморфизма. Кварц третьей генерации представлен мелкими зернами регенерации более

раннего кварца. Характерная его черта – исключительно высокая флюидонасыщенность. Флюид представлен слабоконцентрированным водным раствором. Вероятнее всего, это флюид регрессивной стадии метаморфизма, но не исключено, что флюид связан и с более поздней тектоно-магматической активизацией. Именно с этим флюидом связаны две стадии минералообразования и переноса вещества, протекающие, вероятно, на фоне снижения температуры и давления. Ранняя более высокотемпературная стадия гидротермального процесса – «очищение» кварца от углеродистого вещества, вынос его в межзерновое пространство и миграция. С поздней, более низкотемпературной стадией связано образование сульфидов. Вероятно, во флюиде была сера, а его восстановленность буферировалась углеродистым веществом и потому могли образовываться сульфиды.

Таким образом, в результате наложенного декомпрессионного метаморфизма произошло мобилизация рудного вещества во флюид, его миграция и перетолжение. Температура метаморфизма не превышала 500–550 °С (не превышался порог альфа-бета перехода кварца 572 °С). Сульфиды отлагались позднее углеродистого вещества. Метаморфогенный флюид эволюционировал от высококонцентрированного щелочного углекислотно-водного к слабоконцентрированному кислотному водному, содержал серу и был восстановленным (буферировался углеродистым веществом).

К регионально-метаморфическим метасоматитам отнесены также *скарноиды*, группа пород, которые по минеральному парагенезису, структурно-текстурным особенностям наиболее близки скарнам. Минеральный состав скарноидов представлен гранатом, куммингтонитом, магнетитом, карбонатом, кианитом, что позволяет отнести их к метасоматитам средне-высокотемпературного класса. По химической направленности процесса они принадлежат группе основных метасоматитов. Кварциты и скарноиды являются, скорее всего, производными одного процесса под воздействием интенсивных кислотных флюидов в субширотных зонах возникали кварциты, а в сопряженных с ними зонах перетолгались основания, образуя железо-магнезиальные метасоматиты. На пике регионального метаморфизма в узких высокоградиентных зонах происходила перекристаллизация ранее образованных метасоматитов и возникновение высокотемпературных минеральных парагенезисов.

К контактово-метаморфической группе отнесены эпидозиты, скарны, расположенные вблизи массивов каскельярского диоритового комплекса и с которыми предпологается их генетическая (или парагенетическая) связь. *Эпидозиты* являются продуктами основного метасоматоза среднетемпературного класса, пропилитовой группы фаций. В результате интенсивно проявленного кислотного метасоматоза (окварцевание) из исходных пород выносились основания, которые формировали зоны сопряженной базификации – субщелочные (основные) железо-магний-кальцевые метасоматиты.

Пространственно в непосредственной близости от эпидозитов Каскельярского массива встречены *скарны*, минеральный парагенезис которых представлен типичной магнезиально-известковой скарновой ассоциацией (%) пироксен – 25–30 (диопсид, геденбергит), эпидот – 50–55, гранат – 7–10, карбонат – 2–5, кварц – 3–5, сфен – 3–5. По температуре образования они относятся к среднетемпературным (450–500°), по среде размещения – к экзоскарнам. Геохимическая направленность процесса – близнейтральный кальций-магний-железистый метасоматоз – сближает конечный продукт (скарны) с выявленными здесь же эпидозитами и указывает на их генетическое родство.

С регрессивной стадией метаморфизма связаны и, по-видимому, синхронные поздним этапам деформаций дислокационно-метаморфические метасоматиты, к которым отнесены листвениты, березиты, альбититы. Они не обнаруживают пространственно-временных связей с прогрессивной стадией регионального метаморфизма и магматизмом, локализованы в зонах разрывных нарушений среди изофациальных с ними катаклизмов и милонитов, развиваются по вулканогенно-осадочным образованиям разного состава – от метаультрабазитов и кислых вулканитов до метаосадков.

Для метасоматитов березит-лиственитовой группы фаций отмечены две минеральные ассоциации: 1) лиственитовая, которая проявлена в породах основного-ультраосновного состава, типоморфные минералы кварц и карбонат, преобладает последний; 2) березитовая – развивается по породам кисло-среднего состава, типоморфные минералы – карбонат, серицит, кварц.

Каждая ассоциация представлена двумя минеральными парагенезисами, что является специфической особенностью данного процесса вообще. Первый более ранний парагенезис проявлен слюдисто-кварцевыми образованиями, устойчивыми в кислых средах. Второй парагенезис представлен минералами, устойчивыми в слабощелочных и щелочных растворах (хлорит, биотит, эпидот, альбит). Пропилитовый парагенезис – альбит-хлорит-эпидотовый (субщелочной) – наложен на лиственит-березитовую (кислотную) минеральную ассоциацию в виде поздних бластопорфировых выделений эпидота, клиноцоизита, альбита. Таким образом, в процессе наложения пропилитовой метасоматической ассоциации на березитовую возникли полиметасоматиты эпидот-кварц-мусковитового, эпидот-кварц-мусковит-карбонатного, эпидот-мусковитового, хлорит-альбит-серицит-кварцевого и других составов. Сопряженность кислотного выщелачивания и субщелочного метасоматоза объясняется следующим образом. На последних стадиях метасоматических преобразований происходит изменение кислотности флюида вследствие нарастания щелочности. Начинает формироваться хлорит-эпидот-клиноцоизитовый парагенезис, представляющий железо-магний-кальциевый метасоматоз. Лиственит-березитовые метасоматиты представляют собой важнейший тип околорудноизмененных пород на золоторудных, полиметаллических и других месторождениях. Березиты ЮПЗ также весьма перспективны в отношении золотого оруденения именно к ним приурочены проявления золота Весикъявр, Южное.

Альбититы. Проявления щелочного метасоматоза имеют локальное распространение на территории ЮПЗ. Наиболее широкие ореолы альбитизации наблюдаются на проявлении Ансем и юго-западнее участка Брагино, вблизи пирит-пирротиновых руд, а на остальной площади отмечены лишь их маломощные тела. Зоны альбитизации известны на золоторудном проявлении Пороярви, где развиты вблизи дайки сиенитов и отмечены в виде более поздней минерализации, секущей золоторудные кварциты. Для щелочных метасоматитов ЮПЗ характерны следующие общие черты:

- линзовидно-прожилковый, штокверковый характер проявления,
- четкие и постепенные контакты с вмещающими породами, малая мощность тел,
- приуроченность к поздним тектоническим зонам, где альбититы представлены тектоническими брекчиями, милонитами, катаклазитами,
- наложение процессов щелочного метасоматоза на все комплексы пород ЮПЗ, а также на золотоносные кварциты, что указывает на поздний характер альбитизации,
- пространственная совмещенность с телами метасоматических кварцитов.

3. В Южно-Печенгской структурной зоне выделяется несколько формационных типов золоторудных проявлений, состав и размеры которых определяются структурным контролем, литологией вмещающих пород и характером метасоматоза.

В Южно-Печенгской зоне выявлено семь проявлений (Ансем, Пороярви, Валунное и др.) и более 60 пунктов минерализации золота, которые локализованы почти во всех возрастных комплексах. Наиболее перспективные участки, где отмечена максимальная концентрация точек с повышенным содержанием золота и сопутствующих элементов – серебра, меди, цинка, платиноидов имеют четкую тектоническую приуроченность и в общем плане образуют полосовидные зоны, выделяемые нами под названием рудоперспективных (РЗ). Последние, в свою очередь, приурочены к Северной и Южной региональным зонам окварцевания, которые протянулись через всю ЮПЗ в северо-западном и субширотном направлениях на расстоянии более 70 км.

В размещении РЗ главную роль играет тектонический фактор, поскольку они трансформируют швы тектонических нарушений сдвигового характера, где имело место перемещение блоков в виде субпараллельных пластин. Наиболее интенсивные динамотермальные изменения проявились вдоль границ пластин, чем и объясняется морфология РЗ, которые имеют преобладающее северо-западное простирание, но вокруг гранитоидных массивов (Каскельярвского, Шуонинского и других) меняют направление своего простирания и в межкупольных структурах повторяют контуры интрузивных тел, образуя дуговые или сложно построенные фрагменты. Структурная соподчиненность РЗ с гранитными массивами указывает на их общую историю развития именно под воздействием механического, теплового, флюидного влияния крупных массивов гранитоидов возникали проницаемые долговживущие тектонические зоны, преимущественно

но северо-западного направления, благоприятные для многоступенчатой регенерации и концентрации золота

К участкам пересечения северо-западных сдвиговых нарушений с воздами северо-восточными разломами, трассирующими межкупольные «заливы» вулканогенно-осадочного комплекса, приурочены золоторудные узлы – Брагинский, Ансемьяврский, Пороярвинский, представленные одним или несколькими проявлениями золота Северо-восточные нарушения пересекают всю ЮПЗ вкрест, проходя ортогонально основным структурным элементам и являются рудоподводящими По-видимому, именно вдоль них циркулировали поздние наложенные рудоносные и метасоматизирующие флюиды, формирующие наиболее продуктивную фазу оруденения

РЗ зоны имеют отличающееся от вмещающих их толщ внутреннее строение, обусловленное их тектоническим генезисом Их разрез представлен частым чередованием контрастных по составу пород, наблюдаемых в виде маломощных пластов, линз, блоков, будин и слагающих зоны тектонического меланжа В зависимости от состава вмещающих пород в разрезе РЗ могут преобладать метасадки или метавулканииты, но обязательно присутствуют и те и другие, а также в разном количестве отмечены фрагменты углеродистых металавропелитов или переотложенное углеродистое вещество РЗ занимают субсогласное или полого секущее положение по отношению к геологическим границам стратиграфических подразделений, и в большинстве случаев размещены вдоль контактов существовавших толщ с метавулканиитами основного, реже – кисло-среднего составов, захватывая как те, так и другие образования

В породах, слагающих РЗ, широко проявлены метасоматические, гидротермальные и динамометаморфические процессы с образованием многочисленных тел метасоматических кварцитов и сопряженных с ними метасоматитов основного состава – скарноидов На зоны окварцевания наложены более поздние низкотемпературные метасоматиты – листвениты, березиты, альбититы РЗ характеризуются наличием мощных зон милонитов, катаклизитов, динамосланцев, тектонических брекчий Вследствие наложения друг на друга выше перечисленных процессов, строение РЗ представлено сложно чередующейся ассоциацией метаморфических, метасоматических, гидро- и динамотермальных пород, благоприятных для локализации золотого оруденения

Золоторудные проявления ЮПЗ отнесены к трем рудным формациям золото-кварцевой малосульфидной, золото-кварц-сульфидной и колчеданной золотоносной Размещение рудных тел различных формаций Южно-Печенгского рудного поля имеет структурно-тектоническую зональность к центру ЮПЗ приурочены проявления золото-кварцевой малосульфидной формации (Ансем, Весикъявр), к северу и югу от которых расположены проявления золото-кварц-сульфидной формации (Северное, Валунное, Дальнее), а вдоль периферии ЮПЗ размещены проявления колчеданной золотоносной формации (Валесшиети)

В сводном разрезе южно-печенгского комплекса золоторудные проявления размещаются в определенной последовательности, которая проявлена в приуроченности определенных формационных типов к толщам соответствующего возраста и состава Так золотой-колчеданная формация связана с основными метавулканиитами нижних частей разреза ЮПЗ, золото-кварц-сульфидная – с углеродисто-терригенным породами каллояурской, брагинской свит Золото-кварцевая малосульфидная формация локализована в породах разного стратиграфического уровня и характеризуется пестрым набором рудовмещающих и рудоносных пород

Самый нижний возрастной уровень занимают проявления *колчеданной золотоносной формации*, которая представлена двумя горизонтами золотоносных руд, нижний из которых приурочен к амфиболитам тальинской толщи, верхний – к амфиболитам песчаноозерской толщи

Золотоносность колчеданных руд изучалась в расположенном к югу от оз Брагино линзовидном теле мощностью 5 м, залегающем среди метаандезитобазальтов меннельской свиты и широко проявленных там пропилитов и лиственитов Содержание золота достигает максимального значения 0,63 г/т Руды имеют полиметалльную специализацию и обогащены серебром (10 г/т), цинком (0,1%), молибденом (15 г/т), палладием 0,117 г/т (Филимонов, 1971)

Проявления *золото-кварц-сульфидной формации* связаны с тремя стратиграфическими уровнями К первому, расположенному в основании каллояурской свиты, приурочена золоторудная зона протяженностью 12 км (проявление Дальнее) В верхней части каллояурской свиты (второй уровень), выявлена золоторудная зона длиной около 4 км (проявление Валунное) Третий уровень приурочен к средней части брагинской свиты Здесь наблюдается золоторудная зона длиной не менее 4 км (проявление Северное) Проявления имеют четкую стратиграфическую приуроченность к сульфидно-углеродистым пачкам брагинской и каллояурской свит и отличаются большим количеством сульфидов железа (пирит, пирротин), отмечаемых во вмещающих метасоматических породах и в рудоносных метасоматитах Золото локализовано в метасоматитах кислотных и основных фаций, представленных скарноидами (Валунное, Дальнее), а также в сульфидно-кварцевых, углеродисто-сульфидно-кварцевых, сульфидно-карбонат-кварцевых метасоматитах (Валунное, Северное)

В пределах ЮПЗ наиболее перспективной является *золото-кварцевая малосульфидная формация*, рудные зоны которой широко распространены, имеют максимальные содержания золота и параметры рудных тел Формация характеризуется небольшим количеством сульфидов – до 5–10% и менее По характеру локализации и составу рудоносных и рудовмещающих пород в пределах ЮПЗ выделяются следующие подтипы проявлений *золото-кварцевой малосульфидной формации* в метасоматических кварцитах, в березитах, лиственитах, биотит-карбонат-кварцевых метасоматитах, в андезиитоидах, связанных с комплексом порфиташских экстрюзий, в карбонат-кварцевых жилах

Среди этих групп пород наиболее перспективными являются метасоматические кварциты Они размещены среди различных по составу и возрасту толщ и имеют ряд общих структурно-тектонических, минералого-петрографических и других признаков, что может указывать на единый рудно-энергетический источник, продуцирующий золотое оруденение в пределах всей площади ЮПЗ, что в свою очередь подтверждает наложенный характер оруденения

Метасоматические кварциты приурочены к региональным рудоперспективным зонам, в границах которых отмечается несколько линз кварцитов, среди которых только отдельные тела являются золотоносными Для золотоносных участков РЗ характерны следующие типоморфные признаки

- контрастное строение РЗ, обусловленное тектоническими дислокациями блоков пород и метасоматическим перераспределением вещества частое чередование пород кислого, среднего, основного составов,

- размещение в границах РЗ или вблизи них малых тел брагинского комплекса, преимущественно лампрофиров, менее – сиенитов, диоритов,

- полого секущее и (или) субсогласное положение зон по отношению к сланцеватости, контактам рудовмещающих толщ

- резко дифференцированное магнитное и электрическое поле,

- наличие первичных геохимических аномалий меди, никеля, хрома, кобальта в околорудных метасоматитах, возникших в результате метаморфно-метасоматических процессов перераспределения вещества вокруг кислотных метасоматитов (кварцитов, зон окварцевания),

- развитие многочисленных катаклизитов, милонитов, тектонических брекчий,

- наличие метасоматитов разных фациальных групп – кислотных (кварциты), основных (листвениты), щелочных (альбититы), а также зон окварцевания, карбонатизации, хлоритизации и других вторичных изменений разной интенсивности,

- обязательное присутствие углеродистых филлитов в качестве рудовмещающих пород (Ансем), либо углеродистого вещества метаморфно-метасоматического происхождения как примесь в метасадках, метавулканитах,

Золотоносные кварциты изучались на нескольких опорных участках Южно-Печенгской зоны, но наиболее значимыми в рудном отношении являются проявления Ансем и Пороярви, которые расположены на разных стратиграфических уровнях разреза южно-печенгского комплекса, в различных СФП и связаны с резко отличающимися по составу вмещающими породами Проявление Ансем находится в центре ЮПЗ, локализовано в углеродисто-терригенной пачке брагинской свиты, вблизи ее границ с каплинской толщей андезидацитовых вулканитов Проявление Пороярви расположено в запад-

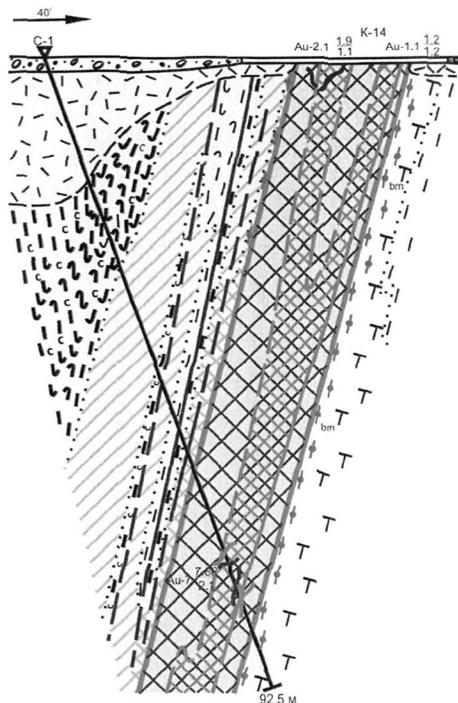
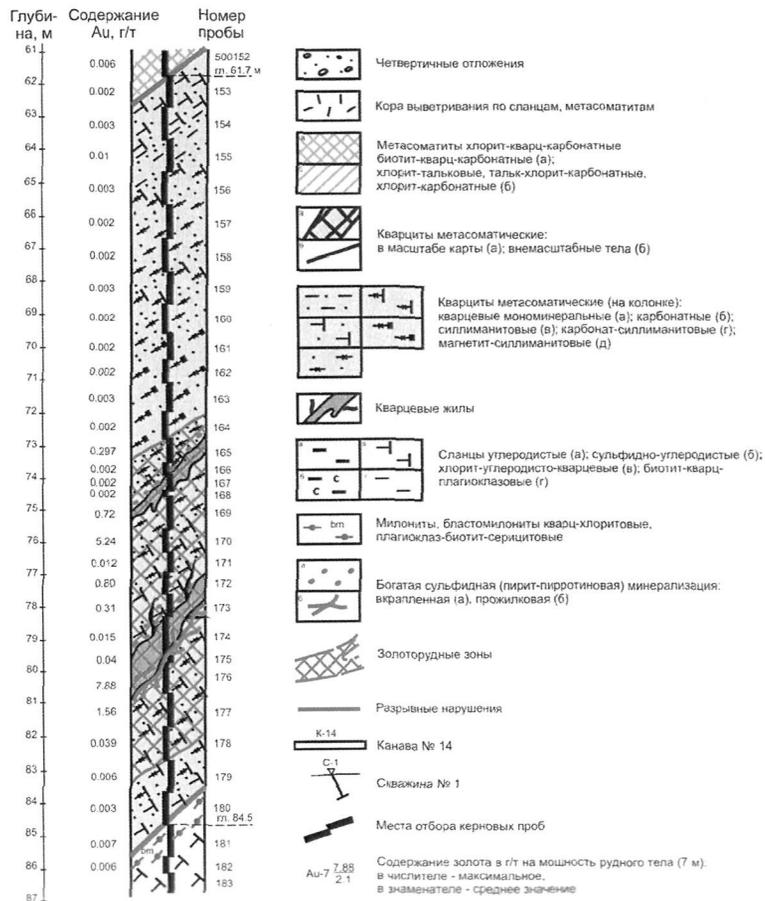


Рис. 4. Геологический разрез рудного тела 1. Рудопроявление Ансем, масштаб 1:1000

Рис. 5. Характер распределения золота в разрезе рудного тела кварцитов (деталь скв. № 1, проявление Ансем)



ной СФП и приурочено к зоне контакта метасадочных пород тальнинской толщи и метабазитов песчаноозерской толщи, размещаясь преимущественно среди последних. Вместе с тем для обоих проявлений характерны общие признаки оруденения характер вторичных изменений, в том числе окolorудных метасоматитов, внешний облик кварцитов, сходство минерало-петрографических, структурно-текстурных особенностей, геохимических характеристик, степени тектонизации рудных тел и вмещающих пород.

Наиболее изученным является проявление золота Ансем, где закартировано два тела рудных кварцитов, мощность которых варьирует от 2,9 до 27 м, и ряд мелких безрудных линз. Наиболее продуктивная линза кварцитов (рудное тело 1) вскрыта канавами трех поисковых профилей (рис 4–5), а также подсечена скважиной по падению на глубине 72–84 м. Она имеет мощность от 10 до 27 м, прослежена по простиранию более 500 м. Здесь установлено максимальное содержание золота (8,1 г/т). Истинная мощность рудной зоны составляет 4 м (видимая мощность 7 м). Содержание золота на поверхности достигает 1,88 г/т, с глубиной увеличивается до 5,24 г/т и 7,88 г/т. Средневзвешенное содержание золота на видимую мощность 7 м составляет 2,1 г/т. Распределение золота крайне неравномерное, по рудному интервалу наблюдается чередование проб с высоким и низким содержанием золота. Кварциты не характеризуются повышенными содержаниями иных рудных элементов, кроме серебра (13,5 г/т). Содержание платины достигает 0,02 г/т, палладия – 0,03 г/т. Корреляция золота с платиноидами и медью не наблюдается.

Золотоносные линзы сложены магнетит-силлиманитовыми, карбонат-силлиманитовыми кварцитами, с содержанием кварца 80–90%. Наиболее ранняя, высокотемпературная минеральная ассоциация представлена кварцем, силлиманитом, магнетитом и акцессорным гранатом. Более поздний, низкотемпературный минеральный парагенезис включает карбонат, хлорит, сульфиды. Рудные минералы представлены преимущественно окислами и сульфидами. Они образуют неравномерно распределенную тонкую вкрапленность, редко – гнезда. Содержание сульфидов 1–5%.

На проявлении Пороярви закартировано 35 тел кварцитов, 7 из которых являются золотоносными. Мощность тел от первых метров до 10 м. Кварциты, приконтактные метасоматиты интенсивно тектонизированы до образования катаклазитов, милонитов, тектонических брекчий и прорваны многочисленными секущими и субсогласными кварцевыми жилами. Содержание золота достигает 5,2 г/т. Среднее содержание золота составило 1,18–2,76 г/т на мощность 2 и 3,2 м. В рудных кварцитах кроме золота присутствует серебро и мышьяк.

Наиболее типичным и весьма перспективным проявлением золота в *березитах* и *сопряженных* с ними *метасоматитах* (лиственитах, кварц-биотит-карбонатных и др.) является Весикъявр, расположенное в центре Брагинского золоторудного узла. Оно локализовано в вулканогенно-осадочных породах брагинской свиты, где образует золоторудную зону, прослеженную на расстоянии 1500 м. За границами проявления эта зона картируется по геофизическим данным на протяжении 4 км. Ширина золоторудной зоны, вмещающей отдельные рудные тела, колеблется от 60 м на западе до 160 м на восточном фланге. Зона хорошо выражена в геофизических полях и трассируется вторичными геохимическими аномалиями Au, Ag, As, Ni, Co, Cr, Cu.

Наиболее оруденелыми являются фуксит-карбонат-кварцевые жилы, серицит-кварцевые метасоматиты (березиты), турмалинизированные кварциты, содержание золота в которых достигает 3,85 г/т (в жилах), и 1,82 г/т (в метасоматитах). Здесь же установлены повышенные значения палладия до 0,1 г/т и серебра до 100 г/т.

Перспективность участка Брагино подтверждается и результатами шлиховых поисков в перемьтых флювиогляциальных и аллювиальных отложениях р. Печенга. Оконтурено два шлиховых ореола с близпромышленным содержанием россыпного золота в отдельных пробах (Вороняева, 2004). Размер золотин в шлихах варьирует от 0,05 мм до 0,8 мм, преобладают зерна размером 0,1–0,5 мм. Золото преимущественно неокатанное, форма – пластинчатая, дендритовидная, октаэдрическая, лепешковидная, призматическая, остроугольная, каплевидная, крючковатая, поверхность часто шероховатая, корявая. Характер поверхности зерен золота, их морфологии, сохранность кристаллических форм (октаэдров) указывает на небольшой перенос золотин и их близость к коренному источнику.

Рудообразующие минеральные ассоциации. Минеральный состав руд колчеданной золотоносной формации изучался по проявлениям Валесшиети и Брагино. Сравнительный анализ детальных характеристик этих руд показал полную их сопоставимость по количеству и качеству рудных минералов, форме их выделений, характеру вторичных изменений, текстурно-структурным особенностям руд, несмотря на различную стратиграфическую приуроченность и разобщенность проявлений в пространстве. Все это может указывать на общий источник рудного вещества и единый механизм образования руд.

Содержание сульфидов в колчеданных рудах от 50% до 95% преобладает пирротин – до 80–90%, менее развиты пирит – 5–45%, сфалерит 1–3%, халькопирит 1–3%, молибденит. В рудах проявления Брагино установлены единичные мелкие зерна теллуридов платины. Первичное сульфидное оруденение представлено пирротинном, халькопиритом и сфалеритом.

Минеральная ассоциация *золото-кварцевой матюсульфидной формации* представлена более чем 20-ю рудными минералами, относящимися к сульфидам, окислам, висмутитам, теллуридам, арсенидам и самородному золоту. В золоторудных метасоматических кварцитах установлены следующие рудные минералы: магнетит 1–15%, пирротин до 3%, пирит до 7%, арсенипирит до 5–10%, золото до 200 знаков, а также редкие и единичные зерна халькопирита, сфалерита, пентландита, никелина, хлоанита, виоларита, браунита, рутила, гессита, петцита, сперрилита, мончента, маккинавита.

Наиболее ранняя вкрапленность представлена эпигенетическим пирротинном с примесью халькопирита, реже – сфалерита. Сульфиды частично замещены магнетитом. На пирротинную вкрапленность наложена арсенидная минерализация в виде хлоантита и никелина. Арсениды развиваются по сульфидам, замещая их метасоматически, или частично образуют самостоятельные зерна в силикатах. В кварцитах проявления Пороярви в значимых количествах наблюдается арсенипирит.

С поздней фазой оруденения, представленной арсенидной минерализацией, связаны, по-видимому, самородное золото и теллуриды золота и серебра. Теллуриды мелкие (3–19 мкм), представлены гесситом (Ag_2Te) и петцитом (Ag_3AuTe_2). Кроме того, в пробе № 500176 микрозондовым анализом установлены единичные знаки висмутита и арсенида платины – мончента $Pt(TeBi)_2$ и сперрилита $PtAs_2$.

Фазовым минеральным и микрозондовым анализами установлено, что золото самородное, присутствует в виде электрума, содержащего 75 мм 82% золота и 18 мм 25% серебра. Золото наблюдается в виде самостоятельных выделений разной размерности, или образует сростания в основном с пирротинном, железистым карбонатом, близким по составу к сидериту, и значительно реже – с никельсодержащим пиритом, мышьяковистым пиритом, арсенипиритом, магнетитом, самородным висмутом и галенитом. Кроме выделения электрума золота присутствует в виде интерметаллических соединений с серебром.

Размер золотин варьирует от нескольких микронов до 0,5 мм. По характеру распределения в породе золото представлено в основном двумя видами: 1) тонкодисперсное золото (1–10 мкм), располагающееся среди микрозерен кварца, здесь же отмечаются редкие октаэдры, которые имеют значительно более крупные размеры (до 100 мкм), 2) более крупные золотины (10–50 мкм), присутствующие в виде включений в пирротине, очень редко – в пирите. Основная масса золота сосредоточена в классе 50–70 мкм и 10 мкм.

Анализируя полученные данные по золоторудным зонам, в том числе характеру взаимоотношений рудных и нерудных минералов, наличие в метасоматических кварцитах трех генераций кварца, с каждой из которых связана определенная стадия минералообразования, предполагается следующая очередность фаз оруденения кварцитов: 1) пирротин + халькопирит + сфалерит + платиноиды (?), 2) магнетит + пирит, 3) арсенипирит, арсениды Ni и Co, теллуриды Au и Ag, золото.

Общая схема рудообразования представляется следующей. Ранним рудным этапом является сингенетическое колчеданное оруденение, которое сопровождалось формированием тонкодисперстной и сравнительно равномерно рассеянной золотой минерализации. Вторая фаза оруденения проявилась в период максимального регионального метаморфизма, параллельно с перекристаллизацией силикатов и выражена в

переотложения золота и иных рудных минералов Наиболее продуктивной является значительно более поздняя фаза оруденения, имеющая наложенный характер, связанная с поздними этапами свекофенского тектогенеза и низкотемпературными гидротермально-метасоматическими процессами В эту фазу сформировались значимые концентрации золота, представленные сложной по минеральному составу рудной ассоциацией, в которой присутствует более крупное золото и рудные минералы, содержащие теллур, висмут, мышьяк и свинец

Кварциты со значимой арсенопиритовой минерализацией картируются лишь на западе Южно-Печенгской зоны (проявление Пороярви) В центральной части ЮПЗ арсенидная минерализация наблюдается в виде микроскопической акцессорной вкрапленности Это может указывать на латеральную зональность Южно-Печенгского рудного поля, проявленную в смене рудных ассоциаций от золото-пирит-пирротиновой в центре ЮПЗ на золото-арсенопирит-пиритовую – на флангах структуры

Вертикальная зональность проявилась в следующей закономерности в золотоносных кварцитах проявления Ансем в направлении от поверхности на глубину помимо роста общего содержания золота увеличиваются и размеры золотинок Кроме того, на более глубоких горизонтах в сульфидном концентрате вместе с золотом появляются теллуrowисмутиты и арсениды платины, присутствие которых подтверждается аномальными содержаниями платины в породах

Источники рудного вещества. Для месторождений золота, связанных с черносланцевыми формациями, существует несколько генетических моделей (осадочно-метаморфогенная, магматогенно-гидротермальная и другие), отличающихся, главным образом, источниками рудного вещества и механизмами транспортировки и концентрации золота В случае корового источника золота используют осадочно-метаморфогенную модель, которая предполагает образование первичных бедных концентраций золота в черносланцевых толщах, которые в результате эпигенетических многоступенчатых гидротермально-метасоматических процессов трансформировались в рудные тела В нашем случае рудоносными могут быть углеродисто-вулканогенно-терригенные каллояурская и брагинская свиты, в которых отмечена повышенная фоновая золотоносность в метаосадках каллояурской свиты среднее содержание золота составляет 0,0042 г/т, в породах брагинской свиты – 0,0058 г/т При мобилизации метасоматизирующими флюидами из углеродисто-терригенных толщ этих свит даже $1/20$ доли золота до глубины 1 км (а процесс затрагивает более значительные глубины), может сформироваться рудная масса объемом 100 т золота, что соответствует 10 месторождениям мелкого или 5 месторождениям среднего масштаба Учитывая выше изложенное, осадочно-метаморфогенная модель вполне применима для установленных в пределах ЮПЗ типов оруденения

Для карлинского типа оруденения приводят мантийную углеводородно-неорганическую модель образования золоторудных месторождений (Зубков, 2001), или модель интрателлурического углеродного метасоматоза (Иванкин, 1985), которые предполагают, что главным и рудоносным являлся мантийный углеводородный флюид, который формировал метасоматиты и вмещающие их золоторудные зоны Для черносланцевых толщ ЮПЗ весьма характерно метаморфно-метасоматическое перераспределение углеродистого вещества, следовательно, эта модель также может быть использована для расшифровки генезиса золоторудных концентраций на изученной площади

Наиболее полно объясняет механизм формирования золотого оруденения в пределах ЮПЗ корово-мантийная гипотеза источников рудного вещества Универсальность процессов рудообразования золота, проявленных в ЮПЗ, подтверждается

– приуроченностью золоторудных зон к долгоживущим проницаемым тектоническим разломам, формирующим рудоперспективные зоны, и имеющей генетическую связь с глубинными Порыташскими разломами, которые достигают подкорового пространства,

– размещением наиболее продуктивных золоторудных узлов на участках пересечения северо-западных рудоперспективных зон северо-восточными разломами,

– локализацией оруденения в различных по составу породах – от метаосадочных углеродистых образований каллояурской, брагинской свит до базальтоидных метавул-

канитов песчаноозерской толщи, менельской свиты, при этом наблюдается постоянство рудных минеральных ассоциаций, структурно-текстурных особенностей руд, метасоматических и тектонических изменений околорудных пород,

– предположительной общностью глубинного источника золоторудного вещества и парагенетически связанных с ним интрузий габбро-диорит-плагиогранитной формации, а также даек сиенитов и лампрофиров,

– значительной временной продолжительностью и полициклическостью формирования оруденения – от колчеданных руд в нерасчлененных лопий-карельских вулканах тальинской толщи до оруденелых метасоматитов позднесвекофенского возраста, размещенных в средних и верхних частях южно-печенгского разреза,

– региональным фактором, при котором золотое оруденение ЮПЗ связано со свекофенским этапом рудогенеза, наиболее продуктивным в пределах Карело-Кольского региона, и имеющем, вероятнее всего, подкоровый источник энергии

Перечисленные аргументы, как нам кажется, достаточны для обоснования корово-мантийной природы источников золотого оруденения в ЮПЗ и они согласуются с идеей А. Д. Щеглова, заключающейся в том, что источник главных рудных компонентов, определяющий основную промышленную ценность месторождения золота, имеет подкоровое, мантийное положение (Щеглов, 1976)

Оценка перспектив золотоносности. Из анализа особенностей строения, состава золоторудных проявлений ЮПЗ и сравнения их с месторождениями Балтийского щита (Ахмедов и др., 2001) следует, что мы имеем дело с совершенно новым и перспективным для региона типом золотого оруденения. Перспективность и масштабность выявленных проявлений подтверждается обнаружением в последние годы на норвежском продолжении Южно-Печенгской структуры (Пасвик-Полмак) золотоносных кварцитов (проявление Гиеддеван), сопоставимых с Южно-Печенгскими проявлениями по мощности, содержанию золота, минеральному парагенезису рудных и нерудных фаз, и ранжированных норвежскими геологами как «потенциально крупное проявление» (Мележик, 1995). Учитывая мощность, протяженность и количество зон метасоматических кварцитов, развитых в пределах ЮПЗ, мы вправе ожидать выявление несколько пространственно сближенных проявлений, содержащих промышленно значимые концентрации золота. Если же учесть, что вместе с золотом будет существовать возможность попутного извлечения серебра и платиноидов, то промышленная ценность этих проявлений существенно возрастет.

Анализ факторов контроля размещения золотого оруденения Южно-Печенгской зоны позволяет предложить следующие **критерии поиска** для изученной площади

1 На начальной стадии поисков определяющим является структурно-тектонический фактор, который предполагает в пределах ЮПЗ несколько рангов рудовмещающих структур. Ранжирование по перспективности этих структур должно проводиться от более крупных – к более мелким, поэтому необходимо в первую очередь выделить эти структуры, для чего необходимо следующее

– по всей площади ЮПЗ контурировать региональные рудоперспективные зоны, главным образом, по данным ранее проведенных геофизических работ, учитывая специфические характеристики магнитного и электрического полей рудоперспективных зон,

– выделить площади размещения золоторудных узлов, связанные с северо-восточными разломами, трассирующими межкупольные «заливы» вулканогенно-осадочного комплекса

2 В границах выделенных золоторудных узлов для детальной разбраковки их площадей по перспективности необходимо использовать литолого-фациальный фактор контроля. Согласно этому фактору, наиболее перспективные участки будут приурочены

– к тонкослоистым черносланцевым пачкам каллояурской и брагинской свит,

– к контрастным построенным тектоногенным рудоперспективным зонам, в которых обязательно присутствие фрагментов углеродистых сланцев или переотложенного углеродистого вещества,

– к ореолам развития метасоматитов различных фациальных групп,

– к участкам развития жил лампрофиров, сиенитов, диоритов, гранит-порфиров

Разбраковка площадей золоторудных узлов может проводиться с помощью геохимических методов – тиллевой съемки. Это обусловлено наличием вокруг проявлений

золота вторичных и первичных геохимических аномалий следующих специализаций 1) собственно золотых, 2) элементов-индикаторов – Ag, As, Cu и др., 3) элементов-спутников – Ni, Cr, Co, реже – V, Mn

3 Следующим рекомендуемым этапом поисков является детальное картирование в пределах выделенных участков потенциально перспективных групп метасоматитов, в первую очередь – кварцитов, скарноидов, березитов и сопряженных с ними метасоматитов. Золотоносность отдельных тел, зон устанавливается только результатами опробования, поэтому по всем метасоматитам необходимо проводить корректное опробование (бороздвое, керновое) и наиболее точные химико-аналитические методы анализа (атомно-абсорбционный, пробирный и др.)

Основополагающим принципом прогноза крупных концентраций золотого оруденения, как считают, является установление его полиформационности (Фогельман, 1999), т.е. пространственного совмещения оруденения, принадлежащего разным формационным типам. Тогда наиболее перспективными в пределах ЮПЗ будет Брагинский золоторудный узел и аналогичные ему площади, где установлены проявления колчеданной золотоносной (Брагино), золото-кварц-сульфидной (Северное, Валунное) и золото-кварцевой малосульфидной (Весикъявр, Южное) формаций. Первоочередными участками поисков являются Брагинский золоторудный узел, а также Ансемъекский и Пороярвинский золоторудные узлы.

Заключение

Проведенные исследования позволили сделать следующие выводы.

Стратифицированные образования ЮПЗ образуют не менее трех возрастных комплексов, разделенных между собой стратиграфическими несогласиями или тектоническими нарушениями. В основании южно-печенгского комплекса залегает тальинская толща, отнесенная к нерасчлененным верхнеархейским – нижнепротерозойским образованиям. Следующий возрастной комплекс сложен метавулканитами основного состава песчаноозерской толщи, сопоставляемой с верхней частью свиты Матерт Северо-Печенгской зоны (Паничев, 1995). Основной объем стратифицированных образований ЮПЗ занимает верхний возрастной комплекс, которому отвечает пороярвинская серия, представленная тремя свитами (каллоярской, брагинской, менельской) и двумя толщами (каплинской и касейюкской), причем абсолютный возраст двух из них (менельской и каплинской), определенный Rb-Sr методом по породе, соответствует свекофенскому этапу развития – 1,865 и 1,855 млрд лет (Балашов и др., 1995).

На начальной стадии свекофенской тектоно-магматической активизации сформировались наиболее крупные Шуонинский и Каскельярский интрузивы. С последним связаны широкие зоны кислотных (окварцевание) и основных (эпидотизация) метасоматитов, окаймляющих массив вдоль его северной периферии. Заключительный этап свекофенской активизации ознаменовался внедрением поритаского экструзивного комплекса андезидацитовых порфириров и комплекса брагинских малых тел сиенитов, гранит-порфиоров, диоритов, лампрофиоров.

В пределах ЮПЗ размещены метасоматиты различных фациальных групп (от основных до кислотных), принадлежащие разным температурным (от высоко- до низкотемпературных) и генетическим классам (регионально-, контактово- и дислокационно-метаморфические). Наиболее перспективными для большинства проявлений золота ЮПЗ являются средне-высокотемпературные метасоматиты регионально-метаморфической группы (кварциты, скарноиды). Весьма перспективными на золото являются и метасоматиты дислокационно-метаморфической группы – листвениты, березиты.

В Южно-Печенгской зоне установлены две региональные рудоперспективные на золото зоны, в границах которых выявлено 9 проявлений (Ансем, Весикъявр, Валунное, Пороярви, Дальнее, Северное, Южное и другие) и более 60 пунктов минерализации с содержаниями золота, достигающими значений 8,1 г/т, серебра 100 г/т и платиноидов 0,3 г/т. В локализации этих зон, контролирующих размещение золоторудных проявлений, главная роль принадлежит структурно-тектоническому фактору, который связан с формированием интрузий габбро-диорит-плагиигранитной формации (Шуонинский, Каскельярский и другие массивы). К участкам пересечения двух основных

систем нарушений (СЗ и СВ) приурочены золоторудные узлы – Брагинский, Ансемь-екский, Пороярвинский Рудоперспективные зоны, благоприятные для многоступенчатой регенерации и концентрации золота, возникали под воздействием механического, теплового, флюидного влияния крупных массивов гранитоидов

Золотое оруденение локализовано в метасоматических кварцитах, березитах, андезидацитах, скарноидах, углеродистых сланцах, пирит-пирротиновых рудах, карбонат-кварцевых жилах Оруденелые породы залегают среди осадочно-вулканогенных черносланцевых толщ и относятся к трем рудным формациям золото-кварц-сульфидной, колчеданной золотоносной и золото-кварцевой малосульфидной С двумя последними формациями связана комплексная платиноидно-золоторудная минерализация Ассоциация рудных минералов в качестве главных включает магнетит, пирротин, пирит, арсенопирит, самородное золото

Проведенная работа позволила выявить новый для региона тип благороднометалльного оруденения и определить главные критерии его поисков Это локализация по ряду признаков (геофизических, геохимических, литологических, вещественных) рудовмещающих структур (рудоперспективных зон), в границах которых – оконтуривание потенциально золоторудных узлов

Список опубликованных работ по теме диссертации

1 Ахмедов А М, Вороняева Л В, Павлов В А и др Золотоносность Южно-Печенгской структурной зоны (Кольский полуостров) типы проявлений и перспективы выявления промышленных содержаний золота // Региональная геология и металлогения № 20 2004 С 143–165

2 Ахмедов А М, Шевченко С С, Симонов О Н, Стехин А И, Олешкевич О И, Крупник В А, Вороняева Л В Новые типы проявлений комплексной благороднометалльной минерализации в зеленокаменных поясах позднего архея Карело-Кольского региона // Геология и геодинамика архея Матер I Российской конф по проблемам геологии и геодинамики докембрия Санкт-Петербург, 2005 С 34–38

3 Вороняева Л В, Пожиленко В И Устоярви – фрагмент гранит-зеленокаменной области (Западная часть Мурманского домена) // Рифтогенез, магматизм, металлогения докембрия Корреляция геологических комплексов Фенноскандии Матер междунар конф Петрозаводск, 1999 С 29–30

4 Вороняева Л В, Кузнецов В А, Свешникова К Ю Критерии размещения золоторудной минерализации в образованиях раннего протерозоя Южно-Печенгской структурной зоны (Кольский п-ов) // Геология и геоэкология северо-запада России Матер XIV молод науч конф, посвященной памяти К О Кратца Петрозаводск, 2003 С 19–20

5 Вороняева Л В Геологическое строение и золотоносность поздnearхейской Устоярвинской гранит-зеленокаменной зоны, северо-запад Кольского полуострова // Руды и металлы № 2/2003 С 51–62

6 Вороняева Л В Геологическое строение и золотоносность верхnearхейской Устоярвинской гранит-зеленокаменной зоны (северо-запад Кольского полуострова) // Геология и геодинамика архея Матер I Российской конф по проблемам геологии и геодинамики докембрия Санкт-Петербург, 2005 С 75–79