

Министерство высшего и среднего специального образования
РСФСР

Ленинградский ордена Ленина и ордена Трудового
Красного Знамени государственный университет им. А.А. Жданова

На правах рукописи

АБЗАЛОВ Марат Зайнутдинович

УДК 549.3+553.481(470.21)

МИНЕРАЛОГИЯ ЭНДОГЕННЫХ ОРЕОЛОВ
МЕДНО-НИКЕЛЕВЫХ МЕСТОРОЖДЕНИЙ ПЕЧЕНГИ

Специальность 04.00.20 - минералогия

А в т о р е ф е р а т

диссертации на соискание ученой степени
кандидата геолого-минералогических наук

Ленинград
1987

*Дорогой
Ветеран
Знамя*

1 по ст. уч. наук

31.03.88

Работа выполнена в Геологическом институте Кольского филиала
АН СССР им. С.М.Кирова.

Научный руководитель: доктор геолого-минералогических
наук И.В.Бельков

Официальные оппоненты: доктор геолого-минералогических
наук Н.З.Евзикова
кандидат геолого-минералогических
наук Г.А.Митенков

Ведущая организация: Институт геологии и геохронологии
докембрия АН СССР

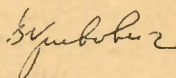
Защита диссертации состоится 31 декабря 1988 г. в 17 час.
на заседании специализированного Совета Д 063.57.27 по защите
диссертаций на соискание ученой степени доктора геолого-минерало-
гических наук при Ленинградском ордена Ленина и ордена Трудового
Красного Знамени государственном университете имени А.А.Жданова
по адресу: 199034, Ленинград, Университетская наб. 7/9, геологи-
ческий факультет, ауд. 52.

С диссертацией можно ознакомиться в научной библиотеке ЛГУ.

Автореферат разослан "___" _____ 198 года

Ученый секретарь специализированного Совета
кандидат геолого-минералогических наук

доцент

 В.Г.Кривовичев

ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАБОТЫ

Актуальность работы. Перспективы развития сырьевой базы Печенгского рудного района связаны, главным образом, с изучением глубоких горизонтов рудовмещающей толщи. Поэтому важное значение приобретает повышение эффективности прогноза скрытого медно-никелевого оруденения по первичным (эндогенным) ореолам, сформированным рудными элементами и их спутниками, что, в свою очередь, требует минералогического исследования ореольного пространства. Минералогическая информация о составе и строении ореолов необходима при разведке полиэлементных геохимических аномалий и существенна для понимания условий концентрирования и рассеяния элементов в околорудном пространстве, особенно элементов халькофильной группы, которые являются основными индикаторами медно-никелевого оруденения. Слабая минералогическая изученность первичных ореолов определяет актуальность настоящего исследования.

Цель работы. Изучение минералогии халькофильных элементов в эндогенных ореолах, развивающихся по метасадочным породам продуктивной толщи, и получение дополнительных, реализованных на минеральном уровне признаков скрытого оруденения.

Основные задачи исследования: 1) типизация ореольной сульфидно-окисной минерализации по составу; 2) изучение типоморфных особенностей минералов и минеральных ассоциаций, развивающихся в эндогенных ореолах, в сравнении с фоновой колчеданной минерализацией метасадочных пород; 3) изучение структуры эндогенных ореолов методами топоминералогии; 4) анализ связи породных содержаний ореолообразующих элементов с составом ореольной минерализации; 5) изучение физико-химических условий ореольного минералообразования.

Фактическая основа и методика исследований. В основу работы положены материалы, собранные автором в ходе полевых сезонов 1983-1986 гг.

Рассмотрен и задокументирован керн более 20 скважин, в дополнение к которому отбирался материал по карьерам рудников и некоторым обнажениям. В общей сложности изучено около 500 шлифов и 200 шлифов, выделено свыше 200 мономинеральных фракций и минеральных концентратов. Состав пород и минералов изучался количественным и приближенно-количественным спектральными методами (более 300 анализов), а также полярографическим способом (около 150 анализов), методами пламенной фотометрии и рентгенофлуоресцентным. На электроннозондовом микроанализаторе фирмы "Камека" выполнено более 130

количественных анализов минералов. Рентгеноструктурные исследования велись на дифрактометрах ДРОН-2, ДРОН-3 и камере РКД-57.3 мм. Проведены термобарогеохимические исследования жильного кварца, включая изучение декрепитационной активности, анализ валового состава газовой фазы включений и единичные замеры температур гомогенизации газовой-жидких включений.

Статистическая обработка численных данных велась на ЭЕМ ЕС-1045 по стандартным методикам с использованием опубликованных и разработанных автором прикладных программ.

Защищаемые положения. Основные положения работы, выносимые автором на защиту, следующие.

1. Ореольная минерализация имеет специфический состав и отличается от колчеданной фоновой присутствием нетипичных для последней минеральных видов (пентландит, аргентопентландит, гессит, алтаит, никелистый кобальтин) и типохимическими особенностями отдельных минералов. Так, ореольному пирротину свойственны повышенные содержания никеля и тесные положительные связи меди с никелем, кобальтом и серебром.

2. Эндогенные ореолы медно-никелевого оруденения зональны и имеют двучленное строение. Ближняя зона характеризуется развитием пентландит-пирротинового парагенезиса, с акцессорным кобальтином, аргентопентландитом, алтаитом. В дальней зоне пентландит отсутствует, минерализация преимущественно пирротинового состава с акцессорными кобальтином и арсенопиритом.

3. В эндогенных ореолах элементы-индикаторы и спутники медно-никелевого оруденения связаны главным образом с элементами группы серы, формируя самостоятельные минеральные фазы, либо присутствуя в виде изоморфных примесей преимущественно в пирротине. Так, геохимические породные аномалии никеля тесно связаны с изменением его концентрации в пирротине и меньше зависят от содержания пирротина в породе.

4. Эндогенные ореолы сформированы метаморфогенно-гидротермальными растворами, при эволюции физико-химических условий минералообразования от слабощелочных к кислым - при незначительном повышении окислительного потенциала среды, в интервале температур 300-250°C. На завершающих стадиях минералообразования возникли парагенезисы полиметаллического, свинцово-цинкового оруденения.

Научная новизна. Впервые дано количественное обоснование связи полиэлементных геохимических аномалий, развивающихся в околорудном пространстве с сульфидной минерализацией этих пород.

На основе статистических оценок показан типохимизм пирротина и выявлено типоморфное значение ассоциирующих с ним редких минералов. Изучена минералогическая и минералого-геохимическая зональность ореолов, важными индикаторами которой, как впервые установлено, являются сульфоарсениды кобальта, никеля и железа. Закономерности распределения минералов и минеральных парагенезисов в околорудном пространстве объясняются направленным изменением физико-химических параметров ореолообразующих гидротермальных растворов, что показано исследованием газовой-жидких включений в жильном кварце и термодинамическими расчетами.

Практическое значение работы состоит в возможности использования найденных закономерностей строения ореолов и специфических черт развивающейся здесь сульфидно-окисной минерализации как признаков скрытого оруденения при поисковых работах. Возможна оценка информативности элементов для геохимических поисков по характеру зависимости их содержания в породе от интенсивности и состава ореольной минерализации. Кроме того, в ореолах Печенгских месторождений выявлены повышенные концентрации полиметаллов, являющихся спутниками медно-никелевого оруденения, содержание которых в геохимических пробах иногда отвечает промышленным кондициям.

Апробация работы. Результаты исследований докладывались на конференциях молодых ученых, проводившихся в г. Апатиты в Кольском филиале АН СССР в 1984, 1986 и 1987 годах, а также на Всесоюзном совещании "Конкрекции и конкреционный анализ докембрия", г. Ленинград, 1986 г., "Втором Всесоюзном совещании по геологии медно-никелевых месторождений", г. Апатиты, 1987 г. и "Всесоюзном совещании по геологии, минералогии и литологии черных сланцев", г. Сыктывкар, 1987 г. По теме диссертации опубликовано 4 работы.

Объем и структура работы. Диссертация состоит из введения, 6 глав и заключения. Содержит 119 страниц машинописного текста, 33 таблицы и 56 рисунков. Список литературы включает 206 наименований.

Автор благодарит своего научного руководителя доктора геолого-минералогических наук И.В. Белькова, а также заведующего лабораторией доктора геолого-минералогических наук А.А. Предовского за помощь и поддержку. За содействие при выполнении работы, полезные советы и замечания автор благодарит А.А. Жангурова, В.А. Мележика, А.В. Волошина, С.В. Икорского, Л.И. Полежаеву и других сотрудников ГИ КФАН СССР, а также А.М. Ануфриева (ВНИИГеолнеруд, г. Казань) и Г.А. Кринари (Казанский университет, кафедра минералогии).

СОДЕРЖАНИЕ РАБОТЫ

Глава I. ОСНОВНЫЕ ЧЕРТЫ ГЕОЛОГИЧЕСКОГО СТРОЕНИЯ ПЕЧЕНГСКОГО РУДНОГО ПОЛЯ, КРАТКАЯ ИСТОРИЯ И СОСТОЯНИЕ ИЗУЧЕННОСТИ ЭНДОГЕННЫХ ОРЕОЛОВ МЕДНО-НИКЕЛЕВОГО ОРУДЕНЕНИЯ.

В первой главе по литературным данным описаны геологическая позиция сульфидных медно-никелевых месторождений Печенги, дан краткий обзор генетических концепций и охарактеризовано состояние изученности первичных ореолов медно-никелевого оруденения.

Печенгский никеленосный район представляет собой грабен-синклинорий, сложенный покровами метавулканитов, разделенных толщами метаосадочных пород. Сульфидное медно-никелевое оруденение связано с интрузивами базит-гипербазитов, прорывающих четвертую, стратиграфически верхнюю, метаосадочную толщу, известную как продуктивная. Оруденение представлено двумя генетическими типами: син- и эпигенетическим. Формирование сингенетического оруденения большинство исследователей связывает со становлением интрузивных массивов, когда сульфиды кристаллизовались совместно или вслед за породообразующими минералами из магматического расплава. В отличие от них, эпигенетические руды, по-видимому, относятся ко времени преобразования рудоносных массивов. В связи с развитием эпигенетических руд в метаосадочных породах формируются полиэлементные геохимические ореолы в виде аномальных полей ряда элементов. Основными индикаторами оруденения являются никель, медь, кобальт, хром, серебро, свинец, цинк, барий, молибден, олово, ванадий, титан, бор. Также известно, что интенсивность геохимических аномалий и четкость зонального строения ореолов зависят от интенсивности оруденения.

Минералогическое изучение ореолов медно-никелевого оруденения предпринималось Т.И. Ниппененом, И.В. Ляхницкой, Д.В. Полферовым, Л.И. Кравцовой и рядом других исследователей. Основной объем этих работ был выполнен в середине 70-х годов, после чего они серьезно не возобновлялись, что привело к заметному отставанию минералогического сопровождения литогеохимических исследований. Важным итогом упомянутых работ было выделение самостоятельного, "ореольного" типа сульфидной минерализации, с развитием которой связывалось формирование в метаосадочных толщах геохимических аномалий элементов-индикаторов медно-никелевого оруденения. Однако, состав минерализации, в особенности характеристика типоморфных для нее редких и акцессорных минералов, а также типохимические особенности

отдельных минералов оставались неясными. Весьма неполно были изучены закономерности распределения минералов в околорудном пространстве и другие вопросы, решению которых посвящена настоящая работа.

Глава 2. ГЕОЛОГИЧЕСКАЯ ПОЗИЦИЯ ОРЕОЛЬНОЙ СУЛЬФИДНО-ОКИСНОЙ МИНЕРАЛИЗАЦИИ, ЕЕ МОРФОЛОГИЯ И СОСТАВ.

Накопленные к настоящему времени сведения о геометрии аномальных полей элементов-индикаторов медно-никелевого оруденения (Нопленен, 1969; Григорян и др., 1972, 1976; Суйковский и др., 1972; Овчинников и др., 1981 и др.) и данные автора показывают, что эндогенные ореолы имеют груболинейную форму, размещаясь непосредственно вдоль контактов рудоносных интрузивов и прослеживаются на сотни метров по зонам межпластовых разрывных нарушений. Мощность аномальных полей от первых метров до 20-40 м. Крутопадающие поперечные дизъюнктивные структуры и литолого-геохимические особенности вмещающих супракрустальных пород усложняют морфологию ореолов.

Рудная (сульфидно-окисная) минерализация на участках околорудных геохимических аномалий развивается в виде штокверкообразных зон, с характерными при эпигенетическом развитии текстурными формами. Здесь распространены жильные, прожилкообразные, просечковые, сетчатые, вкрапленные текстуры. При деформациях агрегатов рудных минералов формируются сланцеватые, полосчатые, плитчатые, гнейсовидно-полосчатые текстуры, а также брекчиевидные и цементные.

В отличие от ореольной для колчеданной фоновой минерализации типоморфны осадочные текстуры (Балабонин, 1984), свидетельствующие о ее формировании в ходе древнего литогенеза.

Структуры минеральных агрегатов менее информативны для геолого-генетических реконструкций в силу конвергентности их признаков. Для ореольной минерализации обычны структуры кристаллизации сульфидных минералов из растворов и метазернистые - возникающие при метасоматическом развитии сульфидов. Характерная черта последних - ситообразное внутреннее строение (Бетехтин и др., 1958; Исаенко, 1983).

Состав минерализации прост в отношении главных минералов. В подавляющем большинстве случаев основной объем рудной фракции составляет пирротин. Пирит тяготеет к внешним частям ореолов, где, наряду с пирротинном, часто является ведущим сульфидом ореольной минерализации. Повсеместно распространены и нередко в заметных количествах титансодержащие минералы, среди которых преобладает титанит

(сфен). Халькопирит также распространенный минерал эндогенных ореолов, но присутствует, как правило, в небольших количествах, хотя локально может концентрироваться, приобретая значение главного рудного минерала. Значительно реже в составе ореольной минерализации преобладают сфалерит и/или галенит, присутствующие обычно в качестве акцессорных фаз.

Будучи сходными с фоновой колчеданной минерализацией в отношении главных минералов, сульфидные проявления, формирующие эндогенные ореолы, отличаются присутствием второстепенных и акцессорных минералов, нетипичных для фоновой минерализации (Абзалов и др., 1987). В составе ореольной минерализации установлены - пентландит, аргентопентландит, маккинавит, кубанит, молибденит, кобальтин, герсдорфит, арсенопирит, данаит, алтаит, гессит, самородное золото и неизвестный анизотропный никелевый сульфоарсенид. Ранее отмечалось присутствие некоторых из перечисленных минералов в ороговикованных породах экзоконтактов никеленосных интрузивов (Балабонин, 1984). Подчеркнем, что для ореольной минерализации характерно присутствие концентраторов никеля, кобальта, серебра, минералов мышьяка, теллура.

Глава 3. КОНСТИТУЦИОННЫЕ ОСОБЕННОСТИ И ТИПОМОРФИЗМ МИНЕРАЛОВ ОРЕОЛЬНОЙ МИНЕРАЛИЗАЦИИ

Глава посвящена описанию сульфидных минералов и их аналогов, а также окисных соединений, известных в околорудных ореолах медно-никелевых месторождений. Основное внимание уделено выявлению специфических черт состава сквозных минералов, широко распространенных в различных типах пород Печенгского рудного поля.

Пирротин. Наиболее полно типохимизм изучен у пирротина. Повышенный интерес именно к этому минералу определен его широким развитием в пределах рудного поля и высокими, в сравнении с другими сульфидами, содержаниями в породе, что делает его наиболее удобным в плане практического использования при диагностике ореольных зон и изучении скрытой геохимической зональности.

Согласно рентгенографическим исследованиям по известной методике (Arnold, 1966) в породах продуктивной толщи Печенги пирротин представлен главным образом смесью моноклинной и "гексагональной"^{*ж)}

*ж) При прецизионных рентгеноструктурных исследованиях (Morimoto et al., 1970, 1975; Звинчук и др., 1983) была установлена принадлежность пирротинов состава Fe_9S_{10} - $Fe_{11}S_{12}$, долгое время считавшихся гексагональными, к сингониям низших классов.

фаз. Рентгенографически гомогенный моноклинный пирротин встречается реже. Наиболее распространена эта модификация в межпластовых тектонических зонах, контролирующих оруденение. Наряду с этим, для ореольной минерализации характерен менее железистый состав "гексагональных" фаз.

Более очевидны отличия ореольных и фоновых пирротинов по содержанию примесных элементов (Абзалов и др., 1986). Для ореольных пирротинов характерно повышенное содержание никеля, достигающее по определениям на микрозонде 0.63 мас.%, что в среднем на порядок выше чем в фоновых. Другая характерная примесь - кобальт, содержания которого в ореольных пирротинах достигают 0.08 мас.%. Также, в составе ореольных пирротинов на электроннозондовом микроанализаторе установлены медь, мышьяк и сурьма.

При сравнении состава фракций (концентратов) пирротинов этих типов выявлены отчетливо повышенные содержания в ореольных пирротинах ряда других элементов - селена, меди, ванадия. Вероятностно-статистическая оценка достоверности этих различий выполнена путем дискриминантного анализа. Установлено, что многомерные средние сравниваемых выборок значимо различаются при доверительной вероятности 0.5%. Кроме того, типохимизм пирротинов выражается в наличии закономерных связей между примесными элементами. Для ореольных пирротинов типоморфна тесная положительная связь между медью, никелем, кобальтом и серебром, тогда как фоновые пирротины характеризуются положительной корреляцией меди с цинком и свинцом.

Халькопирит. Для него характерен стабильный состав. В качестве примеси присутствуют никель, кобальт, серебро и теллур, концентрации которых не превышают сотых долей мас.%. Наиболее устойчива примесь никеля, который, по-видимому, типоморфен, так как не характерен для халькопиритов колчеданного оруденения (Балабонин, 1984).

Пирит. Изучены состав и структурные особенности ореольных пиритов. При исследовании на микрозонде, в качестве примеси в пирите обнаружены кобальт, никель, медь, мышьяк, сурьма, содержания которых обычно сотые доли мас.%.

Оценка сходства составов фракций пирита, проанализированных количественным спектральным методом на 15 элементов, была выполнена путем кластерного анализа. Установлено, что ореольный пирит по составу близок поздним поколениям фонового пирита, но отличается от его ранних модификаций, представленных глобулярными формами, конкрециями и слоями, которые отчетливо обособляются на кластерной

дендрограмме.

Параметр элементарной ячейки a_0 совпадает у пиритов разных типов и в среднем близок 5.418Å. Более информативным может оказаться исследование тонкой кристаллической структуры. Предварительная оценка, сделанная по уширению дифракционных максимумов, свидетельствует о большом структурном несовершенстве ореольных пиритов.

Титаносодержащие минералы. В породах Печенгского рудного поля совместно с сульфидами широко распространены минералы титана, включая титанит, ильменит и различные полиморфные модификации двуокиси титана (рутил?), точная рентгеноструктурная диагностика которых не проведена. Распространенная форма развития титановых минералов - полифазные агрегаты криптокристаллического строения, резко ксеноморфных очертаний, известные как лейкоксен. Состав лейкоксена близок титаниту, составляющему основной объем этих агрегатов. Несмотря на различную распространенность этих минералов, они описаны совместно, как единая группа.

Титанит (сфен). Наиболее распространенный минерал этой группы. В качестве примеси в составе титанита присутствуют алюминий, железо, магний, хром, иногда олово, цинк. Закономерных отличий в составе различных морфотипов этого минерала не выявлено.

Ильменит. Характерен для экзоконтактов никеленосных интрузивов и околорудных метасоматитов. Для фоновой минерализации в метаосадочных породах не типичен. Присутствует в виде изометричных ксеноморфных зерен, а также микропрожилков и метакристаллов, указывающих на эпигенетическое развитие ильменита в породе. Для него характерны низкие содержания магния (сотые-десятые доли мас.%) и высокие - до 3.00 мас.% марганца.

Окислы титана развиваются в виде продуктов изменения ильменита. Другая распространенная форма для них - решетчатые сращения игольчатых кристаллов, напоминающие сагенит. Состав близок теоретическому, отличаясь наличием примеси кремния, алюминия, кальция.

Непосредственно наблюдаемые взаимоотношения титановых минералов позволяют наметить такую последовательность их отложения из ореолообразующих растворов: ильменит - рутил(?) - титанит.

Пентландит. Широко распространен в экзоконтактах никеленосных интрузивов и околорудных метасоматитов. Для фоновой минерализации не характерен, присутствуя лишь в метатуфах основного и пикритового состава. Установлены три морфогенетические разновидности пентландита: продукты распада моносульфидного твердого раствора - выделения

в интерстиции кристаллов пирротина, мелкие изометричные зерна, пластинчатые и пламеневидные агрегаты; пентландит, непосредственно отложившийся из растворов, в виде обособленных зерен в породе, а также крупные зерна, отчетливо замещающие пирротин или халькопирит; геометрически правильные решетчатые срастания пентландита в аргентопентландите.

Сфалерит. В качестве акцессорного минерала широко распространен в породах Печенгского рудного поля, иногда в составе полиметаллических проявлений является главным сульфидным минералом. В сравнении с фоновым, сфалерит ореольной минерализации, особенно ассоциирующий с пентландитом, обогащен кадмием (0.45–0.68 мас.%).

Галенит. Редкий минерал. В составе ореольной минерализации присутствует в виде акцессорной фазы, но иногда концентрируется, формируя совместно со сфалеритом полиметаллические сульфидные проявления. В рудоконтролирующих тектонических зонах обнаружен галенит, содержащий до 3.20 мас.% селена. Для изученных галенитов характерен широкий спектр примесных элементов, в числе которых железо, цинк, серебро, кадмий, никель, кобальт, теллур, висмут.

Сульфоарсениды кобальта, никеля, железа. Среди минералов этой группы установлены железистый герсдорфит, никелистый, железисто-никелистый и собственно кобальтин, арсенипирит и данаит. Одно из изученных зерен имеет состав (мас.%): никель – 13.24, кобальт – 8.66, железо – 8.43, мышьяк – 48.63 и сера – 18.41, соответствующий формуле $(Ni_{0.37}Fe_{0.25}Co_{0.24})_{0.86}As_{1.06}S_{0.94}$. В скрещенных николях минерал отчетливо анизотропен, что позволяет отнести его к неизвестной никелевой разновидности ромбических сульфоарсенидов. По содержанию кобальта этот минерал отвечает данаиту (Виноградова и др., 1979) и условно определен нами как никелистый данаит.

Остальные минералы, для которых в работе дано подробное описание, имеют ограниченное развитие в ореолах медно-никелевого оруденения. Некоторые из них представлены единичными находками. Важно, что они обнаружены нами не в составе фоновой колчеданной минерализации метаосадочных пород, а связаны исключительно с зонами околорудного рассеяния элементов и, таким образом, являются индикаторами ореольной минерализации.

Глава 4. МИНЕРАЛОГИЧЕСКАЯ И МИНЕРАЛОГО-ГЕОХИМИЧЕСКАЯ ЗОНАЛЬНОСТЬ В ОКОЛОРУДНОМ ПРОСТРАНСТВЕ.

В настоящей главе рассмотрены два вопроса: связь геохимических

аномалий с ореольной сульфидной минерализацией и закономерности изменения состава последней в пространстве.

При изучении первого вопроса автор исходил из положения о двух уровнях концентрирования элемента в породе: первый уровень - концентрация элемента в минерале-носителе, второй - концентрация этого минерала в породе. Поскольку эти факторы независимы, их сочетание определяет результирующее содержание элемента в породе. Рассматривая в первом приближении сульфидную фракцию породы как единую фазу - носитель ореолообразующих элементов, можно определить содержание этих элементов на первом концентрационном уровне. Второй уровень в этом случае - количество сульфидного вещества в породе, мерой которого служит содержание сульфидной серы.

Таким образом, задача по изучению связи геохимических аномалий с ореольной минерализацией сводится к сравнению роли этих двух факторов и может быть решена статистически, путем оценки тесноты связи и анализа ее функционального характера. Для стандартизации условий все связи аппроксимировались линейными уравнениями. Поскольку в нашем случае результирующий признак является функцией двух аргументов, графиком линейного уравнения, описывающего эту связь, будет плоскость, ориентировка которой в координатах исходных признаков отражает роль названных факторов.

По соотношению этих факторов изученные элементы разделились на следующие группы. Первая включает элементы (медь, никель, серебро, хром), все вариации содержаний которых в породе определяются, главным образом, изменением состава сульфидной фракции и меньше зависят от вариаций количества сульфидов в породе. Элементы второй группы (свинец, цинк, ванадий) характеризуются примерно равной зависимостью от обоих уровней концентрирования. Последняя группа включает элементы (кобальт, молибден, олово), породные содержания которых контролируются, главным образом, вторым уровнем концентрирования - количеством сульфидов в породе.

Таким образом, развитие аномальных полей элементов первой и, в меньшей степени, второй группы связано с контрастным изменением валового состава сульфидной фракции и вызвано появлением здесь минералов, концентрирующих никель, серебро и свинец.

В распределении элементов по минеральным фазам важное значение должны иметь изоморфные примеси в пирротине, составляющем основную долю всего объема сульфидного вещества пород. В частности, установлена устойчивая положительная связь (коэф. корр. = 0.79) содержаний

никеля в породе и его концентрации в пирротине, определенной на электроннозондовом микроанализаторе.

Следовательно, связь ореолообразующих элементов с сульфидной фазой очевидна, хотя имеет достаточно сложный характер. Однако, отметим, что в общем балансе отдельных элементов, в первую очередь хрома и ванадия, важное значение имеют несульфидные минералы.

При изучении топоминералогии ореолов установлено, что состав ореольной минерализации не постоянен и закономерно меняется с удалением от рудных тел. Изменения состава проявляются в резком снижении количества ряда редких и второстепенных минералов с удалением от рудоносных интрузивов.

Неоднородность строения минералогических ореолов хорошо проявлена в распределении пентландита. Вблизи массивов пентландит был встречен в 60% изученных аншлифов. В противоположность этому, во внешних частях ореольной колонки количество его находок резко снижается. Отсюда, в строении ореолов выделяются две зоны. Внутренняя, где содержится пентландит и внешняя, где он отсутствует. Подчеркивают эту зональность сульфоарсениды. Арсенипирит не обнаружен в пентландитсодержащих разновидностях ореольной минерализации и встречается исключительно во внешних частях ореолов, где пентландит отсутствует. Кобальтин, напротив, чаще встречается во внутренних частях ореолов в ассоциации с пентландитом, хотя в целом распространен шире.

Другой признак неоднородного строения ореолов - направленное изменение состава у ряда сквозных минералов. В частности пирротин отчетливо обедняется никелем при переходе от внутренней зоны ореола к внешней. Скрытая геохимическая зональность фиксируется также по изменению валового состава пирротиновых фракций, изученных количественным спектральным методом и пересчитанных на значение линейной дискриминантной функции.

У кобальтинов ореольной минерализации с удалением от рудоносных массивов снижается содержание никеля и одновременно растет железистость.

Индикатором скрытой геохимической зональности является также арсенипирит. Установлено, что суммарное содержание в арсенипирите примеси кобальта и никеля положительно коррелирует с концентрацией этих металлов в пирротине, сосуществующем с арсенипиритом, закономерно понижаясь с удалением от рудоносных массивов.

Глава 5. РЕКОНСТРУКЦИЯ УСЛОВИЙ МИНЕРАЛООБРАЗОВАНИЯ И ГЕНЕЗИС ОРЕОЛОВ.

Физико-химические условия минералообразования в ореолах оценивались по газовой-жидким включениям в жильных минералах, сопровождающих ореольную сульфидную минерализацию.

Жильные образования по степени близости к рудным объектам и согласно установленной минералогической зональности в ореолах разделены на собственно рудные, ближних и дальних ореолов, и фоновые. К собственно рудным отнесены жилы, развитые в непосредственном контакте с богатыми эпигенетическими рудами или в пределах измененных интрузивов с сульфидным медно-никелевым оруденением. Жилы экзоконтактов никеленосных интрузивов и зон тектонических нарушений во вмещающих супракрустальных породах, связанных с формированием эпигенетических рудных тел, рассматриваются как ореольные. По составу сопровождающей сульфидной минерализации они делятся на жилы ближних и дальних ореолов. Гидротермальные проявления в метасадочных породах, пространственно не связанные с рудоносными интрузивами, несущие примитивную, пирит-пирротиновую минерализацию и сформированные при метаморфогенно-гидротермальной регенерации первично осадочного сульфидного вещества этих пород, рассматриваются нами как фоновые. Жилы с полиметаллической минерализацией, закономерно появляющиеся в ореолах эпигенетического оруденения, выделены нами в самостоятельную группу в силу уникальности состава и относительно независимого способа образования.

Кварц всех гидротермальных проявлений содержит большое количество мелких включений, обычно двухфазных, размером от нескольких до первых десятков микрон. Форма чаще изометричная, со сглаженными углами или удлинённая, в виде цилиндрических полостей. Некоторые включения, особенно крупные, имеют неправильную угловатую форму. По-видимому, большинство этих включений относится к мнимо-вторичному типу по генетической классификации Н.П. Ермакова (1950). При нагревании двухфазовые включения гомогенизируются в жидкость в интервале температур 230-300°C.

Изучение декрепитационной активности жильного кварца выполнено на термовакуумной установке, работающей в режиме непрерывной откачки газа (Икорский, 1978). Установлено, что наиболее активное газо-выделение в изученных навесках кварца приходится на интервал температур 230-345°C и закономерно отличается для различных жил.

Максимальные температуры декрепитации установлены для кварца жил, сопровождающих эпигенетические руды. С удалением от рудных тел температура декрепитации кварца снижается, достигая минимальных значений в жилах с полиметаллической минерализацией.

Дополнительно на газовом хроматографе ЦВЕТ-102 был проанализирован валовый состав газовой фазы включений в кварце. Определялось содержание CO_2 и углеводородных газов, т.е. соотношение окисленных и восстановленных форм углерода. Для жил, развивавшихся непосредственно с эпигенетическими рудами и в экзоконтактовых метасоматитах, установлено преобладание углеводородных газов над CO_2 . Жилы, отнесенные к дальней зоне ореола и фоновые, отличаются возросшей газонасыщенностью, связанной с увеличением всех компонентов газовой фазы включений, но с изменившимися соотношениями. Углекислый газ, присутствующий в синрудном кварце в подчиненном по отношению к метану и его гомологам количестве, здесь составляет часто более половины всего объема газовой фазы. Наибольшие содержания CO_2 установлены в кварце из жилы со сфалерит-галенитовой минерализацией.

Дополнительным индикатором эволюции обстановок гидротермально-го минералообразования служит закономерное распределение в пространстве минералов, формирующих пространственно-временные ряды парагенетических ассоциаций. В частности, различными авторами (Mariko et al., 1975; Кривовичев, 1981 и др.) подчеркивалось существование устойчивых связей сульфидов и окислов железа с минералами титана, что было использовано авторами этих работ при реконструкции термодинамических обстановок метаморфизма и метасоматоза. В результате анализа многочисленных наблюдений сульфидно-окисных парагенезисов в породах Печенгского рудного поля автором выделен следующий обобщенный ряд: пирротин-магнетит-ильменит в рудоносных интрузивных массивах; пирротин-ильменит в ближних зонах ореолов; пирит-пирротин-минералы группы рутила в дальних зонах ореолов и фоновой колчеданной минерализации метасадочных пород. Непосредственно наблюдаемые взаимоотношения этих минералов подчеркивают намеченную последовательность: пирротин замещается поздним пиритом, а ильменит - окислами титана. Из анализа полей стабильности этих минералов на физико-химических диаграммах в координатах $\lg f\text{O}_2$ - $\lg f\text{S}_2$ и pH - $\lg f\text{O}_2$, построенных автором на основе табулированных термодинамических характеристик веществ (Helgeson, 1969; Булах и др., 1978), следует, что состав ореолообразующих растворов менялся от слабо щелочного и восстановительного к кислому при одновременном повышении окислительного состояния

среды. Следовательно, результаты, полученные разными методами, хорошо согласуются.

Глава 6. СРАВНИТЕЛЬНАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА ОКОЛОИНТРУЗИВНЫХ ОРЕОЛОВ ПРОМЫШЛЕННО-РУДОНОСНЫХ И БЕЗРУДНЫХ МАССИВОВ.

Сравнительный анализ морфологии аномальных геохимических полей и распределение ореолообразующих элементов в породах, вмещающих рудоносные интрузивы и массивы с непромышленной сульфидной минерализацией был проведен ранее (Предовский и др., 1975). Качественные различия геохимических ореолов не были выявлены, однако было показано, что мощность ореольных зон, концентрация элементов-индикаторов медно-никелевого оруденения и четкость зонального строения ореолов меняются, усиливаясь с увеличением масштабов и интенсивности оруденения. При этом безрудные слабоизмененные массивы оказывают минимальное воздействие на вмещающие породы, ореолы у таких массивов могут практически отсутствовать.

В дополнение к отмеченным фактам автором установлено, что на контакте с рудоносными массивами в сравнении со слабо оруденелыми пентландит встречается чаще, аналогично распределены аргентопентландит, алтаит и сульфоарсениды ряда кобальтин-герсдорфит. Обратная тенденция отмечена для офалерита и галенита. Химические составы пирротинов из экзоконтактов рудоносных и слабоминерализованных массивов близки, различия, по результатам дискриминантного анализа, имеют 15% уровень значимости.

Таким образом, основным критерием при глубинном прогнозе территории на скрытое медно-никелевое оруденение должны быть отмеченные ранее количественные параметры первичных минералого-геохимических ореолов. С этих позиций, минералогические исследования целесообразно проводить для разбраковки истинных и ложных, связанных с литогеохимическими особенностями вмещающих супракристалльных пород, геохимических аномалий. С другой стороны, выявленные специфические особенности сульфидной минерализации ореольного типа могут служить независимыми индикаторами скрытого оруденения и следовательно должны учитываться при прогнозной оценке территории.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

I. Ореолы халькофильных элементов, формирующиеся в метаосажденной

толще, вмещающей рудоносные интрузивы Печенги, и контролирующиеся, главным образом, зонами разрывных рудоконтролирующих нарушений, связаны с развитием на этих участках специфической ореольной сульфидно-окисной минерализации с характерными морфологическими особенностями.

2. В сравнении с фоновой колчеданной минерализацией ореольная отличается набором второстепенных и редких минералов. Индикаторами ореольной минерализации являются пентландит, аргентопентландит, кобальтин, герсдорфит, арсенопирит, аргентопентландит, алтаит, гессит, данаит. Здесь отмечены также участки с повышенными содержаниями сквозных для рудного поля минералов - халькопирита, сфалерита, галенита.

Важная особенность ореольной минерализации - типохимизм состава отдельных минералов. Пирротин - основной минерал эндогенных ореолов - по результатам изучения на микрозонде и количественного спектрального анализа пирротиновых фракций характеризуется в сравнении с фоновым повышенными содержаниями никеля, селена, ванадия, свинца, меди и наличием тесных положительных корреляционных связей между медью, никелем, кобальтом и серебром, тогда как для фонового установлено положительная корреляция меди с цинком и свинцом. Отличительные особенности состава выявлены также у халькопирита, сфалерита, пирита.

3. Распределение минералов в околорудном пространстве и изменение состава некоторых из них закономерно и соответствует зональному строению околорудных ореолов. По распределению второстепенных и акцессорных минералов, в первую очередь пентландита и сульфоарсенидов, выделены две зоны. Для внутренней характерна ассоциация кобальтин-пентландит-пирротин, для внешней - кобальтин-пирротин или арсенопирит-пирит-пирротин. С переходом от внутренней зоны ореола к внешней меняются составы сквозных минералов, в частности пирротин и кобальтин отчетливо обедняются никелем.

4. Путем статистических оценок количественно обоснована связь полиэлементных геохимических аномалий, развивающихся в околорудном пространстве, с составом и интенсивностью сульфидной минерализации этих пород. В общем балансе элементов по минеральным фазам важное значение имеют изоморфные примеси в пирротине.

5. Минералогическая зональность вызвана последовательным отложением минералов из метаморфогенных гидротермальных растворов. На ранних стадиях образования ореолов отложение минералов осуществля-

лось из слабощелочных растворов при температурах близких 300°C в восстановительной обстановке. В дальнейшем температура понизилась до 250°C, возрос потенциал кислорода, повысилась доля углекислого газа, а pH среды минералообразования изменился до слабокислых значений.

По-видимому, формирование ореолов медно-никелевого оруденения осуществлялось в два этапа. Второй этап, проявленный локально и несколько оторванный по времени от основного, привел к развитию специфической свинцово-цинковой минерализации.

Список работ автора по теме диссертации

Абзалов М.З. К вопросу о фазовом составе и магнетизме пирротинов. - В кн.: Материалы У конференции молодых ученых. Секция - геология, геохимия и полезные ископаемые. Апатиты, 1984. Депонировано ВИНТИ, 1986, № 7294-В86 Деп., с. 99-114.

Абзалов М.З., Мартынов Е.В. Генетико-информационное значение ассоциаций примесных элементов в пирротинах рудного поля Печенги (Кольский полуостров). - В кн.: Минеральные кларки и природа их устойчивости. Материалы IV Всесоюзного минералогического семинара. Душанбе, "Дониш", 1986, с. 172-173.

Абзалов М.З., Полежаева Л.И. Аргентопентландит из эндогенных ореолов медно-никелевых месторождений Печенги. - В кн.: Минеральные парагенезисы метаморфических и метасоматических пород. Апатиты, изд. Кольского фил. АН СССР, 1987, с. 68-71.

Мележик В.А., Балабонин Н.Л., Абзалов М.З. Конкреции и некоторые геохимические аспекты диагенеза протерозойских метатерригенных отложений. - В кн.: Конкреции и конкреционный анализ докембрия. Л., ОНТИ, 1986, с. 12-13.

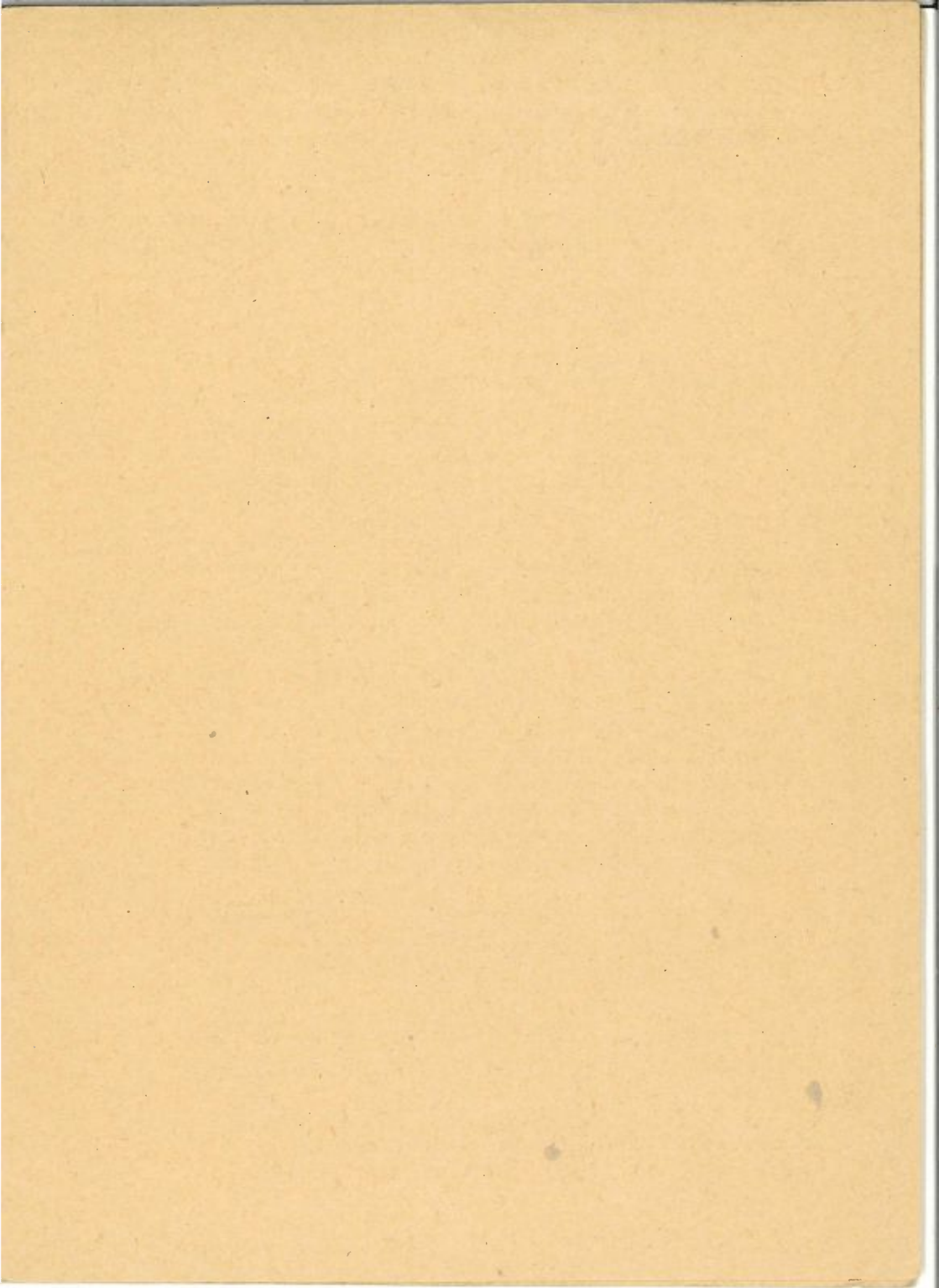
Подписано к печати 08.12.87. ПН - 05555.

Формат бумаги 60x84 1/16. Бумага офсетная. Печать офсетная.

Усл.печ.л. 1.16. Уч.-изд.л. 1. Тираж 100 экз. Заказ № 486.

Бесплатно.

Ордена Ленина Кольский филиал им.С.М.Кирова АН СССР
184200, Мурманская область, Апатиты, Ферсмана, 14



Бесплатно.