

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования
«Российский государственный геологоразведочный университет
имени Серго Орджоникидзе»

На правах рукописи

Мирошникова

Мирошникова Людмила Константиновна

**Геолого-геохимические предпосылки и признаки локализации
медно-никелевого с платиноидами оруденения рудно-магматической системы
Талнахского рудного узла**

Специальность: 25.00.11 Геология, поиски и разведка твердых полезных ископаемых, минерагения

ДИССЕРТАЦИЯ

на соискание ученой степени доктора
геолого-минералогических наук

Научный консультант – Игнатов Петр Алексеевич,
доктор геолого-минералогических наук

Москва - 2017

РЕФЕРАТ

Диссертация «Геолого-геохимические предпосылки и признаки локализации медно-никелевого с платиноидами оруденения рудно-магматической системы Талнахского рудного узла» содержит Введение, 7 глав, Заключение и Приложение, изложенные на 321 стр. В работу включены 126 рисунков, 43 таблиц, список литературы из 158 наименований. В приложении приведены таблицы среднефоновых содержаний, схемы и разрезы.

Исследованы закономерности распределения элементов в сложной полиобъектной системе - дифференцированный рудоносный интрузив норильско-талнахского типа, сульфидные платиноидно-медно-никелевые руды, малосульфидные платинометальные, метаморфо- метасоматический ореол с сульфидным платиноидно-никелево-медным, полиметаллическим, пирит-магнетитовым оруденениями, неизменные или относительно неизменные вмещающие породы. Установлены геолого-геохимические критерии прогнозирования и поисков этих объектов.

Ключевые слова: Норильский район, Хараелахская мульда, Талнахский рудный узел, рудоносный интрузив норильско-талнахского типа, месторождения сульфидных медно-никелевых с платиноидами руд, рудоносные зоны, геохимические поиски, геохимическая специализация, аномальное геохимическое поле, геолого-геохимическая модель, локальный прогноз оруденения.

Основная терминология

Рудные поля - системы взаимосвязанных интрузивов, принадлежащих хромистой группе норильской ассоциации, включающей интрузивы норильско-талнахского (рудоносные), круглогорского и нижнеталнахского типов, а также близкие им по петро-геохимическим особенностям слабо дифференцированные и недифференцированные тела.

Талнахский рудный узел представляет собой совокупность участков концентрации наиболее дифференцированных трапповых интрузивов повышенной основности.

Геологическим эквивалентом месторождений является полнодифференцированная зона рудоносного интрузива, в разрезе которого присутствуют пикритовые и такситовые габбродолериты.

Магмо- и рудоконтролирующие структуры - региональные глубинные долгоживущие разломы.

Магмо- и рудоконцентрирующие структуры - мелкие пликативные структуры, ориентированные практически по нормали к главным разломам.

Магмалокализирующие структуры - замковые части синклиналильных складок.

Геохимическое поле – часть земного пространства, характеризуемого количественными содержаниями химических элементов или их соединений, как функции пространственных координат и времени.

Коэффициент концентрации (K_k) определяется как отношение содержания элемента (C_i) данного химического элемента в пробах горных породах и руд к его «минимальному вектору» (фоновому содержанию). За фоновые содержания принимаются средние содержания элементов в неизмененных породах.

Геохимический фон ($0.5 < K_k < 1.5$) - область пространства, каждой точке которого соответствуют одновременно низкие и взаимонезависимые концентрации химических элементов.

Зона рассеянной минерализации (ЗРМ) $1.5 < K_k < 3.0$ – область, для которой характерно пространственно несогласованное возрастание концентраций отдельных микроэлементов, связанное с развитием рассеянной рудной минерализации, а сами эти области часто оказываются сопряженными с аномалиями.

Аномалия ($K_k > 3.0$) элемент пространственной структуры ГХП, который характеризуется согласованным (координированным) поведением ряда элементов при одновременном возрастании их концентраций.

Геохимическая ассоциация (ГХА) понимается ранжированный ряд элементов со значениями концентраций, отличных от минимальных нормирующих (например, средние содержания в породе) в соотношениях, характерных для «межпородных» различий.

Внутренняя неоднородность ранжированного ряда геохимической ассоциации обусловлена выделением трех областей, условно названных «зонами»: «зона привноса» ($K_k \geq 1,25$) химических элементов, «зона выноса» ($K_k \leq 0,75$) и «индифферентная зона» ($0,75 < K_k \leq 1,25$).

Геохимический тип (ГХТ) - мера неоднородности относительно однородных участков среды. ГХТ является центром классов схожих геохимических ассоциаций, связанных с определенным типом пород, фаций оруденения или иными ореольными продуктами рудообразующего процесса.

Коэффициент минерализации (K_m) - произведение нормированного по фону среднего содержания элемента на количество аномальных проб, деленное на общее количество проб по исследуемому сечению.

Граф связи - отражают структуры корреляционных связей между элементами и их ассоциациями.

СПИСОК СОКРАЩЕНИЙ

ТРМС	Талнахской рудно-магматическая система	<i>Fo</i>	форстерит
ТРУ	Талнахский рудный узел	<i>Fsp</i>	калиевый полевой шпат
ТЗМ	Томулахская зона метаморфизма	<i>Gf</i>	графит
ТРП	Талнахское рудное поле	<i>Gr</i>	гранат
ТПРП	Тангаралахское потенциально рудное поле	<i>Hbl</i>	роговая обманка
ГХП	геохимическое поле	<i>Hem</i>	гематит
АГП	Аномальное геохимическое поле	<i>Mt</i>	магнетит
ЗРМ	зона рассеянной минерализации	<i>Musc</i>	мусковит
ГХА	геохимическая ассоциация	<i>Opx</i>	ортопироксен
ГХТ	геохимический тип	<i>Mh</i>	моихукит
Кк	коэффициент концентрации	<i>Ort</i>	ортоклаз
Км	Коэффициент минерализации	<i>Phl</i>	флогопит
<i>Ab</i>	альбит	<i>Pl</i>	плагиоклаз
<i>Act</i>	актинолит	<i>Per</i>	периклаз
<i>And</i>	андалузит	<i>Po</i>	пирротин
<i>Ang</i>	ангидрит	<i>Pyr</i>	пирит
<i>Ap</i>	апатит	<i>Qu</i>	кварц
<i>Bi</i>	биотит	<i>Rut</i>	рутил
<i>Ca</i>	кальцит	<i>Sf</i>	сфен
<i>Chl</i>	хлорит	<i>Sfal</i>	сфалерит
<i>Cor</i>	кордиерит	<i>Shp</i>	шпинель
<i>Cr</i>	халькопирит	<i>Srp</i>	серпентин
<i>Cpx</i>	клинопироксен	<i>Timg</i>	титаномагнетит
<i>Cub</i>	кубанит	<i>Th</i>	талнахит
<i>Di</i>	диопсид	<i>Trem</i>	тремолит
<i>Dol</i>	доломит	<i>Tr</i>	троилит
<i>Ep</i>	эпидот	<i>Zir</i>	циркон
<i>Fo</i>	форстерит		
<i>Ep</i>	эпидот		

СОДЕРЖАНИЕ

ВВЕДЕНИЕ	8
Глава 1. Геологическое строение Норильского региона и Талнахского рудного узла.....	20
1.1. Краткая история освоения месторождений Норильского района. Геолого-геохимическая изученность	20
1.2. Краткий обзор геологического строения Норильского региона.....	35
1.3. Тектоно-магматическая модель Талнахского рудного узла.....	54
Глава 2. Геолого-геохимическая модель Талнахского рудного узла и ее Иерархическое строение.....	62
2.1. Фактический материал и методы исследований.....	62
2.2. Моделирование полиэлементной структуры геохимических полей геологических образований Талнахского рудного узла.....	67
Глава 3. Геохимическая специализация промышленно - генетических типов оруденения.....	102
3.1. Магматическое сульфидное медно-никелевое с платиноидами оруденение	105
3.2. Малосульфидное платинометальное оруденение.....	109
3.3. Метасоматическое оруденение	110
3.3.1. Метаморфо- метасоматическое с сульфидным платиноидно-никелево-медным оруденением прожилково-вкрапленное оруденение.....	110
3.3.2. Магнетитовое оруденение в экзоконтактовых рудах	112
3.3.3. Метаморфо- метасоматическое пиритовое оруденение	113
3.3.4. Полиметаллическая минерализация.....	115
Глава 4. Геохимическая специфика составляющих траппового магматизма и вмещающих отложений.....	117
4.1. Геохимическая специализация пород эффузивной фации Магматизма.....	117
4.2. Геохимия интрузивных фаций магматических образований.....	132
4.2.1. Геохимическая специализация пород ергалахского интрузивного комплекса.....	133
4.2.2. Геохимическая специализация пород норильского интрузивного комплекса	144
4.3. Геохимическая специализация отложений вмещающих рудоносные интрузивы	155
4.3.1. Геохимическая специализация пород тунгусской серии и контактового ореола Талнахского интрузива.....	159
4.3.2. Геохимическая специализация пород девона и контактового ореола Хараелахского интрузива.....	170
Глава 5. Структурно-геохимические модели рудоносного интрузива Талнахского рудного узла.....	194
Глава 6. Геохимическое выражение структурно-тектонических условий локализации месторождений Талнахской рудно-магматической системы	210

6.1.	Структурно-тектонические условия Талнахского рудного узла...	213
6.2.	Геохимическое выражение рудоконтролирующих и магмо-рудовмещающих структур.....	218
Глава 7.	Геохимическая зональность медно-никелевого с платиноидами оруденения месторождений Талнахской рудно-магматической системы	233
7.1.	Геохимическая зональность рудоносной зоны Талнахского месторождения	243
7.2.	Геохимическая зональность рудоносной зоны Октябрьского месторождения	251
ЗАКЛЮЧЕНИЕ		264
ЛИТЕРАТУРА		269
ПРИЛОЖЕНИЕ		278

ВВЕДЕНИЕ

Актуальность работы. Норильский промышленный район, расположенный на территории Центральной Арктики – севера Центральной Сибири, один из крупнейших промышленных регионов, где сосредоточено 76,6 % запасов никеля России и 30,3 % мировых, 64,1 % российских запасов меди, 57,7 % российского кобальта, 40,2 % мировых и 95,5 % российских запасов платиносодержащих металлов.

Минерально-сырьевая база Норильского горнорудного района представлена месторождениями сульфидных медно-никелевых руд, которые в настоящее время интенсивно разрабатываются. Если учесть, что технология горно-металлургического передела, ориентированная на богатые руды, совершенствуется, а подготовка месторождений к их освоению занимает многие годы, то уже в ближайшее время может остро встать вопрос укрепления сырьевой базы Заполярного Филиала ПАО ГМК «Норильский Никель» (ЗФ ПАО ГМК НН). Для ее расширения требуется открытие месторождений богатых медно-никелевых руд, которые могли бы с наименьшими затратами на их освоение обеспечить не только стабильную работу предприятий комбината, но и решить проблему создания новых рабочих мест. Кроме того, для обеспечения конкурентоспособности на рынке цветных металлов, необходимо осуществлять добычу и переработку руды с минимальными затратами. *Поэтому поиски богатых медно-никелевых руд на площадях, расположенных в непосредственной близости к промышленно освоенной территории, являются актуальными и экономически обоснованными. Следовательно, особую важность составляет задача поисков сульфидных медно - никелевых платиносодержащих руд в пределах месторождений, фланги и глубокие горизонты которых изучены недостаточно.*

По результатам ранее проведенных геолого-геохимических исследований на территории региона с применением различных методик математической обработки и интерпретации геолого-геохимических данных был накоплен огромный фактографический и аналитический материал (Разгонов, 1970, 1975 г.;

Жук-Почекутов, 1977–80 гг.; Рябов, 1982–85 гг.; Пузанов, 1990–1992 гг.; Певзнер, Кузьмин, 1971–78 гг.; Степанов, 1991; Додин, Тарасов, 1990 г.; Иванова, 1990 г. и др.). Большинство работ этого направления выполнено с различной степенью детальности и качественно различной аналитикой. Применение авторами различных методик математической обработки и интерпретации, к сожалению, не позволило сопоставлять и взаимоувязывать их результаты, в контексте изучения всего региона соответственно, выводы и рекомендации носят противоречивый характер. Рекомендуемые предыдущими исследователями методы интерпретации геохимических аномалий не в полной мере учитывали геологическое строение площади, и их методические приемы не были приведены в соответствие с объектами прогноза и поисков. Поэтому возникла необходимость взаимосвязи и выработки единой стратегии разномасштабных геохимических поисков в Норильском районе, что возможно лишь при создании концептуальных геолого-геохимических моделей «рудный узел – месторождение – рудоносная зона». Автор работы полагает, что в решении проблемы разработки стратегии разномасштабных геохимических поисков в Норильском районе большой эффект может дать переход на геолого-структурный анализ пространственных взаимоотношений геохимических аномалий, поскольку геохимическая зональность остается ведущим фактором прогнозирования оруденения. Известно, что максимальной рудоносностью обладают осевые зоны фронтальных частей полно дифференцированного интрузива (Суханова, 1971), поэтому особенно важно рассмотреть геохимические аномалии на площади, расположенной на продолжении осевых зон рудоносного интрузива.

В диссертации предлагается решение актуальной научной и практической проблемы – обоснования стратегии поисков сульфидных медно-никелевых платиносодержащих руд в Норильском районе на основе выявленных разноранговых геолого-геохимических магматических, структурно-тектонических, литолого-стратиграфических, метаморфогенно-метасоматических предпосылок и признаков локализации этих руд в рудно-магматической системе Талнахского

рудного узла (ТРМС), а также структурного анализа пространственных взаимоотношений аномалий (Cu, Ni, Ag, Co, Cr, Ti, Zn) рудных объектов и окорудного пространства (Sr, Ba, Mo, Zr), определяющих геохимическую зональность рудных тел, месторождений и рудного узла.

Область исследования. Основные защищаемые положения диссертации соответствуют следующим пунктам паспорта специальности 25.00.11 – Геология, поиски и разведка твердых полезных ископаемых, минерагения: «п. 1. Условия образования месторождений твердых полезных ископаемых»; «п. 2. Металлогения и минерагения: общая, региональная и специальная, цели и задачи»; «п. 4. Прогнозирование, поиски, разведка и геолого-экономическая оценка месторождений».

Объектом исследования являются геолого-геохимические предпосылки и признаки локализации медно-никелевого с платиноидами оруденения рудно-магматической системы Талнахского рудного узла в ранге рудного узла, месторождения, рудоносной зоны и рудных тел для последующего установления практических приемов геолого-геохимических методов прогноза в Норильском регионе.

Предметом исследования является структурно-геохимическое моделирование структуры геохимического поля ТРМС в поисковых целях, с применением информационных технологий прикладного программного продукта «ГЕОСКАН», а также моделирование структуры рудоносной зоны рудного узла, месторождения и рудных тел, основанное на распределении коэффициентов разделения Ni/Cu и (Pt+Pd)/(Ru+Ir+Os) в сульфидных медно-никелевых с платиноидами рудах.

Целью данной работы является выявление главных особенностей геолого-геохимического строения и состава геохимических полей ТРМС, а также выделение среди них аномальных полей (АГП) – геохимических критериев локального прогнозирования и поисков этих объектов *на флангах известных месторождений Талнахской рудно-магматической системы*

Для реализации поставленной цели необходимо решить следующие **задачи:**

- 1) установить закономерности распределения элементов в различных промышленно-генетических типах оруденения: сплошного сульфидного платиноидно-медно-никелевого; малосульфидного платинометального; метаморфо- метасоматического с сульфидным платиноидно-никелево-медным, полиметаллическим, пирит-магнетитовым оруденениями;
- 2) установить геохимическую специфику составляющих траппового магматизма: эффузивных и интрузивных образований позднепермского - раннетриасового возрастов, контрастных по составу вмещающих рудоносных интрузивы отложений и метаморфических комплексов контактовых ореолов рудоносных Хараелахского и Талнахского интрузивов;
- 3) рассмотреть закономерные изменения в строении и рудоносности интрузивов по площади в различных его сечениях и на их основе построить структурно-геохимическую модель Талнахского рудного узла и месторождений;
- 4) определить геохимические маркеры структурно-тектонических элементов ТРМС: глубинных разломов, контролирующих распространение рудоносных интрузивов, отрицательных пликативных структур, в которых локализованы интрузивы и сводов палеоподнятий, ограничивающих их распространение;
- 5) установить геохимическая зональность рудных образований на уровнях рудного узла, месторождений и рудных тел.
- 6) определить главные особенности геолого-геохимического строения и состава геохимических полей, обобщить геолого-геохимические предпосылки и признаки локализации медно-никелевого платиносодержащего оруденения Талнахской РМС и на их основе разработать рекомендации для локального прогноза скрытых рудных объектов на флангах месторождений.

В работе применялись теоретические и экспериментальные методы исследований. Экспериментальная часть включала обоснование способов обработки аналитических данных с использованием алгоритмов, приемлемых для работы с

первичными ореолами. Теоретическая – разработку геолого-геохимических способов прогнозирования рудных объектов с позиций структурно-геохимического моделирования локализации и ранжирования ореолообразующей системы.

Научная новизна работы заключается в следующем:

1. Представлена геолого-геохимическая модель рудоносных Харае-лахского и Талнахского интрузивов основных структурных элементов Талнахской РМС, которая иллюстрирует закономерности распределения рудного вещества и рудонасыщенность каждой из выделяемых зон интрузива: *тыловая (прикорневая)* с зонами рассеянной минерализации V – Cr – Co – Ti - Ni, *центральная* (только вкрапленные руды пирротинового состава) с аномалиями Ni-Cu ($KK_{Ni} = 7-100$, $KK_{Cu} = 3,5-151$); *фронтальная в своей центральной части* (вкрапленные, сплошные и прожилково-вкрапленные руды пирротин-кубанитового типа) маркируется аномалиями Cu-Ni ($KK_{Cu} = 377$, $KK_{Ni} = 136 - 180$), *в западной части* выделены аномалии Cu – Ag – Ni ($KK_{Cu} = 653$, $KK_{Ag} = 640$, $KK_{Ni} = 183$) или Ag – Cu – Ni ($KK_{Ag} = 867$) (халькопиритовая, моихукитовая, талнахитовая, кубанитовая минерализация); *фланговая (краевая) зона:* аномалии Ti - Cu - Ni - Co (в приразломной части прожилково-вкрапленные руды пирротин - халькопирит - магнетитового состава) и в области выклинивания интрузивов в скарнированных породах с густой вкрапленностью никель- кобальтсодержащего пирита, магнетита, пирротина выделены аномалии Co - Ni ($KK_{Co} = 13$, $KK_{Ni} = 11$), а также аномалии Ti - Co ($KK_{Co} = 2,5$, $KK_{Ti} = 2,3$) в скарнированных породах и силлах измененных габбродолеритов с рассеянной вкрапленностью никель - и кобальтсодержащего пирита и магнетита; *за пределами месторождений ТРУ* выделены аномалии и зоны рассеянной минерализации V - Ti - Zn (силлы недифференцированных измененных габбродолеритов мощностью до 5 м и скарнированные породы с рассеянной вкрапленностью пирита с халькопиритом). В распределении аномалий отмечена концентрическая зональность относительно центральной зоны интрузива, где присутствуют только вкрапленные руды.

2. Сульфатно-карбонатные породы девона, вмещающие рудоносный Хараелакский интрузив, специализированы на Sr, аномалии (KK_{Sr} от 4 до 35) которого маркируют породы контактового ореола интрузива. В данной части рудной зоны месторождения в горизонтах прожилково-вкрапленных «медистых», сплошных и вкрапленных руд преобладает халькопиритовый тип сульфидной минерализации с экстремальными для месторождения содержаниями Cu, Ag, Pt и Pd. Терригенные сульфидосодержащие отложения тунгусской серии, вмещающие рудоносный Талнахский интрузив, специализированы на Zr – Ti. В верхней эндоконтактной зоне интрузива (лейкократовые габбро) и кварц-полевошпатовых роговиках его контактового ореола выделены аномалии Zr – Ba – Ti. Сульфидная минерализация руд Талнахского месторождения преимущественно пирротинового состава.

3. Установлены геохимические признаки структурно - тектонических условий локализации рудоносных интрузивов: зоны главных швов рудо – и магмоконтролирующих глубинных долгоживущих разломов и оперяющих их тектонических нарушений фиксируются аномалиями Y, Yb, Be, Mo, Zn, и Pb; флексурные складки, в которых локализованы рудоносные интрузивы, маркируются аномалиями Ba и Sr, пространственное распределение которых определяется как центробежное с фрагментарно-кольцевым расположением вокруг безрудной области палеоподнятий, ограничивающих распространение интрузивов;

4. Установлена контрастная зональность рудных образований на уровне рудного узла, месторождений и рудных тел, основанная на ранжированном ряде коэффициентов разделения Ni/Cu и $Kp = (Pt+Pd)/(Ru+Ir+Os)$: в центральной (Талнахское месторождение) и приразломной частях рудного узла $Ni/Cu = 1.6$, и $Kp = (Pt+Pd)/(Ru+Ir+Os) = 10$ (пирротиновый тип оруденения), на западном фланге (фронтальная зона интрузива) отмечены экстремально высокие значения $Kp = 167-1750$ и минимальные $Ni/Cu = 0,7 - 0,2$ (кубанитовый и халькопиритовый тип минерализации), в юго-западной части $Ni/Cu = 0.2$, $Kp = (Pt+Pd)/(Ru+Ir+Os) = 120$ (халькопиритовый и борнит-халькозиновый тип минерализации). Зональность рудонос-

ной зоны Октябрьского месторождения: в центральной и восточной частях $Ni/Cu = 0.9$ и $Kp = 40-70$ (пирротин-кубанитовая минерализация), на западном фланге $Ni/Cu = 0,7 - 0,2$ и $Kp = 167-1750$ (тип минерализации халькопиритовый, моихукитовый и талнахитовый). В рудных телах Октябрьского месторождения, расположенных в осевой части фронтальной зоны Хараелахского интрузива, наблюдается сложная концентрическая зональность: в центре (халькопиритовый тип минерализации: моихукит, халькопирит, талнахит) $Ni/Cu = 0,1$, $Kp = 1750$, далее по обе стороны выклинивания по восстанию в рудном теле преобладает моихукит-кубанитовая минерализация с $Ni/Cu = 0,5$, $Kp = 304$, далее кубанитовая со значениями $Ni/Cu = 0,6$, $Kp = 167$ и халькопирит-пирротиновая с $Ni/Cu = 0,9$, $Kp = 120$).

Практическая значимость работы заключается в решении проблемы разработки стратегии разномасштабных геохимических поисков в Норильском районе на основе геолого-структурного анализа пространственных взаимоотношений геохимических аномалий, связанных с рудоносными интрузивами Норильского района, вмещающих уникальные по количеству и содержаниям полезных компонентов руды. До работ автора иерархическая структура геохимического поля как надежный критерий рудоносности не рассматривалась. Впервые в Норильском районе применение информационных технологий, прикладного программного продукта «ГЕОСКАН», позволяющего исследовать структуру геохимического поля в поисковых целях, осуществлялось при составлении геохимической карты Норильского рудного района по потокам рассеяния масштаба 1:200 000 (ответственный исполнитель С.Г. Снисар, исполнители В.С. Кондауров, Л.К. Мирошникова и др.). Унифицированность методов ее составления позволяет рассматривать эту карту в качестве составной части будущей Государственной карты России. Предлагаемая автором схема геохимического картирования литологических, структурно-фациальных и тектономагматических условий впервые была изложена в производственном отчете по теме «Геохимическая съемка масштаба 1:200 000 Норильского рудного района», где автором были разработаны геолого-геохимические модели Талнахского и

Норильского рудных узлов, а также установлены объекты медно-цеолитовой рудной формации.

Геолого-геохимические предпосылки и признаки, изложенные в диссертации, использовались при оценке перспектив глубоких горизонтов Талнахского рудного узла, на Южно-Норильской, Усть-Турукской (номер государственной регистрации № 56-94-11/1), Верхне-Хараелахской (номер государственной регистрации № 16-91-24/2), Кыстыктахской (номер государственной регистрации № 16-91-24/7) и Фокинской площадях. На флангах Талнахского и Норильских узлов были выделены объекты перспективные на медно-никелевое с платиноидами оруденение. При исследовании геохимических ореолов рудопроявлений Кыстыктахской и Фокинской площадей была дана отрицательная оценка обнаружения промышленного сульфидного оруденения.

Установленная автором геохимическая специализация пород различной генетической принадлежности, позволила повысить информативность данных, получаемых на начальных этапах изучения геологического разреза территории, производить геологическую привязку при бескерновом бурении путем опробования шлама и пыли, а также для корректирования геологического разреза.

Основные теоретические положения работы могут служить предметом дальнейших геохимических исследований, направленных на формирование конкретных рекомендаций, связанных с поисками Cu - Ni руд при оценке новых участков и площадей. Предлагаемые геохимические предпосылки и признаки доступны к использованию на различных стадиях геологоразведочных работ и приняты в качестве дополнения к существующим прогнозно-поисковым комплексам для поисков месторождений норильско-талнахского типа (протокол заседания Технического совета ООО «Норильскгеология» № НГ-01/89 – пр. от 15. 10. 2013 г.).

Публикации и апробация работы. По теме диссертации автором опубликовано 35 работ. Среди них 1 монография; 15 статей в реферируемых рекомендованных ВАК РФ изданиях. Основные положения диссертации заслушивались и обсу-

ждались на НТС ООО «Норильскгеология», а также в виде статей публиковались в сборниках международных и всероссийских конференций: III Международная конференция «Горное, нефтяное, геологическое и геоэкологическое образование в XXI веке», Горно-Алтайский государственный университет, г. Горно-Алтайск, 2008; IX Международная конференция «Ресурсовоспроизводящие, малоотходные и природоохранные технологии освоения недр», г. Москва (Россия – Котону (Бенин), 2010 г.; Всероссийская конференции с элементами научной школы для молодежи «Инновационное развитие горно-металлургической отрасли» ИрГТУ, г. Иркутск, 2009 г.; Всероссийская научно-практическая конференция «Новые и нетрадиционные типы месторождений полезных ископаемых Прибайкалья и Забайкалья» г. Улан-Удэ, 2010г., III Всероссийская научно-практическая конференция, посвященная 20-летию кафедры геологии Бурятского госуниверситета «Минерагения Северо-Восточной Азии», 13-17 ноября 2012 г., г. Улан-Удэ: 2012.; IV Всероссийская научно-практическая конференция «Геодинамика и минерагения Северо-Восточной Азии», посвященной 40-летию Геологического института СО РАН, г. Улан-Удэ, 2013 г.; II Всероссийская научная конференции с международным участием «Мальшевские чтения», г. Старый Оскол, 23 апреля 2015 г.

Благодарности. В процессе подготовки диссертации автор воспользовалась ценными советами и поддержкой научного консультанта доктора геолого-минералогических наук профессора П.А. Игнатова, за что автор выражает ему огромную благодарность. Глубокую признательность автор выражает сотрудникам ООО «Норильскгеология» в лице генерального директора С.Г. Снисара, главного геолога С.П. Ерыкалова, главного геолога «Комплексной Геологической Партии» ООО «Норильскгеология» В. А. Радько и ведущего минералога И.Н. Тушенцовой, которые оказали неоценимую помощь в направлении выбора темы диссертации и предоставлении геологического материала. Их консультации, интерес и уважение к результатам исследований были важной поддержкой в работе. Особую благодарность автор выражает сотрудникам Института геохимии СО РАН докторам

геолого-минералогических наук, профессору О.М. Глазунову и А. Я. Медведеву за консультации по вопросам генезиса норильских месторождений.

Глубокую признательность автор выражает супругу Мирошникову В.Б., который на протяжении многих лет ежедневно оказывал автору моральную и физическую поддержки, взяв на себя решение бытовых проблем.

В заключении следует отметить, что работа автора посвящена памяти ее учителям геологии В.Ф. Кравцова, Н.С.Малича и А.А.Шиманского, а также всем коллегам геологам, работавших на разведке месторождений Талнаха.

Структура и объем работы. Диссертация содержит Введение, 7 глав, Заключение и Приложение, изложенные на 321 стр. В работу включены 126 рисунков, 43 таблицы, список литературы из 158 печатных и фондовых наименований. В работу включены 126 рисунков, 43 таблиц, список литературы из 158 наименований.

Основные научные положения и результаты, выносимые на защиту

Первое защищаемое положение. В Талнахском рудном узле выявлены геохимические ассоциации соответствующие трем промышленно-генетическим типам оруденения: магматическому сплошному сульфидному платиноидно-медно-никелевому Ni - Cu - Co (Cu - Ag - Ni или Ag - Cu - Cu - Ni); магматическому малосульфидному платинометалльному - Cr-Ni (или Ni-Cr); метасоматическому сульфидному платиноидно-никелево-медному (прожилково-вкрапленные руды «медистые руды) - Cu-Ni-Cr (Cu-Ni-Ag-Sr), пирит-магнетитовому - Co-Ti (Co-Ni и Ti-V), полиметаллическому - Zn, Pb, Mo, Co.

Второе защищаемое положение. Металлогеническая специализация Талнахской РМС отражена геохимической спецификой составляющих траппового магматизма и вмещающих пород. Каждая из четырех типов лав, сформировавших пермо-триасовое трапповое поле ТРМС, имеет индивидуальную специализацию: щелочные и субщелочные ассоциации Ti-Zr-P-Ba, переходная от щелочной к гипербазит-базитовой субформации на V-Cr, базальты пикритовых лав Cr-Ni-V-Co, толеитовый тип лав нормального ряда (mg-km) никеленосной

ассоциации Cr–Co–Ni–Cu. Установлена специализация трех генетических типов интрузивных образований норильского комплекса: слабо рудоносный нижне-талнахский Co-Ni-Cr (или Ni-Co-Cr), рудоносный полнодифференцированный норильско-талнахский Cu – Ni – Co, слабодифференцированный круглогорский тип Ni – Cu – Co. Сульфатно-карбонатные породы девона, вмещающие Харае-лахский интрузив, специализированы на Sr, сульфидосодержащие угленосные отложения карбона – перми, вмещающие Талнахский интрузив, - на Zr - Mo (или Zr-Ti).

Третье защищаемое положение. Выявлены главные особенности геолого-геохимического строения и состава геохимических полей рудоносного интрузива в различных его сечениях: тыловая зона (вкрапленность пирита) фиксируется ГХА V-Cr-Co-Ti-Ni; центральная (вкрапленные руды) – Ni – Cu; фронтальная зона ой (сплошные руды) – выделены интенсивные геохимические поля концентрирования Cu-Ni-Ag-Co; краевая зона (пирит-магнетитовое оруденение) маркируется ГХА Co - Ni и Ti – Co, за пределами месторождения выделены ГХА V – Ti - Zn и Ti – V – Zn ассоциации. Выделенные аномалии, в совокупности определяют структурно-геохимическую модель рудного узла и месторождений. В рудном узле установлена концентрическая зональность относительно центральной зоны, где присутствуют только вкрапленные руды.

Четвертое защищаемое положение. Тектонические условия локализации месторождений Талнахской РМС в виде сочленения рудоконтролирующего долгоживущего разлома глубинного заложения и флексурных складок имеют геохимическое выражение. Рудоконтролирующий разлом фиксируется геохимическими аномалиями Y, Yb, Be, Mo, Pb и Zn линейного вида. Магмо- и рудовмещающие структуры - синклинали и опущенные крылья приразломных флексур складок маркируются аномалиями Sr, Ba-Sr и Ba-Zr с центробежным распределением вокруг безрудных зон сводов палеоподнятий, где в геохимических полях разновозрастных отложений отмечаются фоновые содержания Co-Ba-Ni, Zr-Ba, Ti- V-Zn.

Пятое защищаемое положение. Установлена контрастная геохимическая зональность рудных образований на уровнях рудного узла, месторождений и рудных тел, основанная на ранжированных рядах коэффициентов разделения Ni/Cu и $Kp = (Pt+Pd)/(Ru+Ir+Os)$, иллюстрирующих процесс рудообразования в условиях фракционирования сульфидного расплава. характерного для сульфидных медно-никелевых с платиноидами руд норильских месторождений. В осевых зонах фронтальных частей рудоносных интрузивов выделены участки с экстремально высокими для ТРУ, месторождений и рудных тел значениями коэффициентов концентраций (K_k до 800) в Cu-Ag-Ni-Co аномалиях и Kp (до 1750) при минимальных Ni/Cu (до 0.2). Выявленные соотношения служат основанием локального прогноза оруденения.

Глава 1. Геологическое строение Норильского региона и Талнахского рудного узла

1.1. Краткая история освоения месторождений Норильского района. Геолого-геохимическая изученность

Первые общие сведения о геологическом строении района были получены в результате маршрутных исследований Миддендорфа А. Ф. (1842 г.). В 1866 г. в Туруханский край была организована экспедиция Сибирского отдела Русского географического общества под руководством горного инженера, географа, археолога и этнографа, исследователя Восточной Сибири и Дальнего Востока И.А. Лопатина. Именно им впервые было изучено геологическое строение правобережной части Енисейского залива и низовьев Енисея – от его устья до р. Курейки на протяжении 800 км. Экспедиция Иннокентия Лопатина положила начало системному изучению геологии Енисейского района. В Дудинке к экспедиции присоединился специалист-палеонтолог Федор (Фридрих) Богданович Шмидт. В последствие его именем была названа гора «Шмитиха», с угленосным пластом на склоне. В результате этих работ все породы района разделены на группы: нижнесилурийские, верхнесилурийские, тунгусские, эффузивно-туфогенные, четвертичные. Среди интрузивных пород выделены диабазы, габбро-диабазы, диабазовые порфириты. Тектонические нарушения разделены на дотрапповые, трапповые и пострапповые. Среди полезных ископаемых отмечены выходы каменных углей, описан ряд интрузивных образований с проявлением сульфидного оруденения.

В середине XIX документальным свидетельством попытки освоения норильских медно-рудных богатств явился заявочный столб с надписью «К и С., 1865, сент.» на северо-западном склоне горы Рудной. Устроители заявочного столба судовладелец А.П. Кытманов и урядник К.М. Сотников оформили документы в Сибирском горно-рудном управлении (г. Барнаул). В образцах руды, по анализам Сузунского завода на Алтае, оказалось 12,5% чистой меди, поэтому было решено строить завод. В 1872 г. К. Сотников продал в казну (сведения Енисейского горного управления за 1872 год) выплавленные им на

небольшом заводике 100 (иногда упоминается 200) пудов странно белесоватой из-за большой примеси никеля черновой меди. В этом же году предприятие было закрыто, так как заводик из-за некачественного кирпича (по версии Сотникова) развалился. На участке выхода оруденелых пород были пройдены две небольшие штольни, которые позднее были названы Сотниковским месторождением. В августе 1915-го внучатый племянник Киприяна - Александр Сотников - студент второго курса горного отделения Томского технологического института, воспользовавшись побывкой у родни, посетил Александро-Невские копи (Норильское угольное месторождение). Там собрал образцы пород и руд и в том же году в Петроград в Геолком направил свой первый геологический отчет. Чтобы переоформить «владения», поставил свои заявочные столбы: четыре – на уголь и два – «рудных». Удивительно, но именно 28.08.1915 года родился будущий первооткрыватель Талнахских месторождений Георгий Дмитриевич Маслов. В 1916 г. А. Сотникова призвали в армию, поэтому коллекцию пород и руд вместе с записями он передал Николаю Николаевичу Урванцеву. 5 июня 1919 г. Сибирский геологический комитет и правительство Колчака отправили на летние геологические исследования и изыскания в низовья реки Енисей горного инженера Н.Н. Урванцева и откомандированного в распоряжение комитета хорунжего А.А. Сотникова. Урванцев поначалу провел поиски угля по правобережью Енисея, хотя А.А. Сотников считал, что всю работу экспедиции следует сосредоточить в Норильске. В итоге Н.Н. Урванцев и А.А. Сотников провели обследование низовья Енисея от села Потаповского до Усть-Порта и попутно побывали на месторождениях угля и меди в районе Норильска.

В 1920 г. были вскрыты первичные сульфидные руды, которые Н.Н. Урванцев описал позднее довольно общо: «детальный осмотр склонов г. Рудной выявил выше и восточнее Сотниковских штолен обильные охристые осыпи и желваки бурого железняка. Следовало этот участок расчистить и проверить шурфами... Уже с глубины метра пошла рыхлая рассыпчатая обохренная порода из зерен сульфидных минералов, сцементированных бурым железняком». В

одном из сильно окисленных образцов содержания меди составили 2%, а никеля – 1%. Халькопирит в образце отсутствовал, поэтому медь связывалась с медьсодержащим пирротинном.

В 1923 г. Н.К. Высоцкий (геолог, сотрудник Института геологической карты Главного геологоразведочного управления, г. Ленинград), в образцах сульфидной руды обнаружил платину. Им было высказано предположение, что известная часть Сотниковского месторождения может иметь контактное происхождение, поскольку помимо меди руды содержат заметное количество никеля и платины (в одном случае содержание платиноидов составило более 500 г/т). В 1923-1924 годах на месторождении, названном Северным мысом горы Рудной, во главе с Н.Н. Урванцевым работает геологоразведочная экспедиция. Оценка отобранной руды производилась только по содержанию платины и серебра. В отчете по работам 1923 – 1924 гг., представленном в 1926г., Н.Н. Урванцев дал описание только богатовкрапленного оруденения линзы Северного мыса и рекомендовал широкое исследование всей площади интрузий оливиновых диабазов, причем особое внимание предлагал обратить на восточную часть района, где много озер – истоки реки Норилки.

Первое систематическое описание всех месторождений сульфидного оруденения в районе горы Рудной сделано И.Ф. Григорьевым. В 1925 г. на восточном склоне Норильского плато за горой Большой Барьерной были найдены сульфидные руды. Это месторождение назвали «Норильск – II».

В 1930 г. Б.Н. Рожков в своем отчете «Первый отчет о летних работах геологопоисковых партий» отмечает, что в настоящее время главная масса руд Норильских месторождений складывается за счет вкрапленников (Норильск – I, Угольный ручей, г. Рудная). Скопления сплошных сульфидов играют подчиненную роль (промышленное значение имеет линза Норильска – II).

Информация о богатейших ресурсах Норильска дошла до высшего партийного руководства страны. Как следует из Протокола № 25 заседания Политбюро ЦК ВКП (б) от 13 мая 1935 года, 29 апреля опрос членов «узкого» ПБ по

п. 48 «о Норильском месторождении редких металлов» завершился кратким поручением: «Для подготовки проекта решения по развитию Норильского никелево – кобальто - платинового месторождения назначить комиссию в составе т.т. Орджоникидзе (пред.), Ягода, Иоффе, Пятакова, Божича, Языкова, Некрасова, Воронцова, Бермана». Комиссия получила принципиальные установки (мощность будущего предприятия, срок пуска, ударность строительства). Уже 20 июня, и тоже опросом (п. 203 Протокола №27 заседания ПБ от 21 июня «О развитии Норильского никелево – кобальто - платинового месторождения»), «узкий» состав Политбюро утвердил проект постановления ЦК ВКП (б) «О строительстве Норильского никелевого комбината», предложенный «апрельской» комиссией, которое продублировано Постановлением Совнаркома СССР № 1275-148 с.с. от 23 июня 1935 года. Эта дата считается днем рождения города Норильска.

В 1936 г. в «Геолого-петрографическом очерке рудного Норильска» Б.Н. Рожков высказал предположение, что все габбро-диабазовые тела обнаруживают тяготение к основному тектоническому направлению Норильского района, приуроченному к меридиональной долине р. Ергалах – Медвежий ручей (район Талнаха), и что дальнейшее прослеживание на север и юг зоны Медвежьего ручья представляет задачу первостепенной важности. Поисковые маршруты непосредственно в районе Талнах проводились во время геологической съемки (1940 г.) масштаба 1: 1 000 000 (Спейт Ю.А.) и 1954 г. масштаба 1:500 000 (Тимашков Н.А.). Н.Н. Урванцев в 1957г. в работе «Тектоника северо-западной части Сибирской платформы и ее связь с оруденением» в числе главных тектонических структур выделяет сброс, который «протягивается к югу от Норильска по долине Медвежьего ручья ... Севернее Норильска сброс доходит до Елового камня, где видимо гаснет ...»

Изучение района в 40–50 годы носило выборочный характер. В пределах участков на Хараелахском и Норильском плато в районе озер Лама, Кета, Хантайское, Пясино, рек Хантайка, Микчанда, Авам, Кыстыктах, Икон, Дудыпта,

Норилка, Хараелах были проведены геологосъемочные работы масштабов 1:200000-1000000, которые были обобщены Масловым Г. Д. в 1958 г. Им была составлена геологическая карта Норильско-Игарского района масштаба 1:50000. Основными результатами работ явилось: расчленение эффузивной толщи на свиты, выделение интрузивных тел, прослеживание основных тектонических структур, выделение перспективных участков на поиски медно-никелевых руд в районе Талнаха.

Обосновывая постановку работ Западно-Хараелахской партии в районе Талнаха, геологи отмечали, что «... в район Западного Хараелаха тянутся зоны сбросов Норильского рудного поля и, в частности, зона сбросов Медвежьего ручья, которая, по мнению многих геологов, контролирует внедрение Норильских интрузий... Западный Хараелах может оказаться в смысле рудоносности похожим на Норильское рудное поле, и участок, проектируемый к съемке, очень перспективен для поисков никелевых руд»

9 июля 1960 года по заданию и.о. главного геолога Норильской экспедиции Г.Д. Маслова геологами В.Ф. Кравцовым, В.С. Нестеровским и Ю.Д. Кузнецовым был обследован участок междуречья реки Талнах и ручья Угольного с целью заложения скважины. У подошвы склона горы Отдельной ими были обнаружены элювиально - делювиальные свалы габбродолеритов, аналогичные верхним дифференциатам интрузии Норильск - 1, а через полтора месяца 24 августа 1960 г. было начато бурение скважины КЗ-21. Уже 26 августа с буровой ушла радиограмма: «Пройдено 12 метров по руде». На ближайшем дереве укрепили красный флаг. Так было открыто уникальное Талнахское месторождение сульфидных медно - никелевых с платиноидами руд. В марте 1962 г., прямо в русле р. Талнах на ее выходе в долину, наряду с вкрапленными были вскрыты и залежи сплошных сульфидов общей мощностью 22,1 м, которые коренным образом изменили представления геологов о Талнахском месторождении, его перспективах и стали сырьевой базой будущего рудника «Маяк».

В отчете «Талнахское месторождение сульфидных медно-никелевых руд»; ответственные исполнители Ваулин В.В., Егоров В.Н., Кравцов В.Ф., Седых Ю.Н., Суханова Е.Н., 1966 г.) было отмечено, что площадь между реками Хараелах и Талнах является весьма перспективной на поиски глубинных интрузий... По аналогии с Талнахской в данном случае мы имеем дело с зоной метаморфизованных пород и дайками, располагающимися в кровле дифференцированной интрузии (Кравцов В.Ф., Елисеев В.В.). Несколько позднее скважиной КЗ-584, рекомендованной Люлько В.А., 3 октября 1965 года были вскрыты богатые руды Октябрьского месторождения медно - никелевых руд. Была доказана непрерывность распространения Хараелахской ветви и связанных с ней руд Северо-Западного и Октябрьского участков, что позволило рассматривать их в качестве единого месторождения (отчет «Талнахский рудный узел», 1968 г. Ответственные исполнители Кравцов В.Ф., Седых Ю.Н., Суханова Е.Н., Кунилов В.В., Кургин В.В., Унковская И.Ф.)

Начиная с середины 60-х годов подразделениями НКГРЭ проводились (Лисенков А. А., 1963 г.; Маслов Г. Д., Люлько В. А., Глушницкий О. Т., 1967–1968 гг.; Лосев В. Н., Немененок Т. И., Скобелин А. А., 1969–1971 гг.; Черевков Е. А., Мокроусов Ю. П., 1972–1977 гг.; Шадрин А. М., Федоренко В. А., Щукин В. В., Душаткин А. Б. и др. 1976–1981 гг.; Мартынов А. А. 1989 г.; Радько В. А., Кокорин Н. И., 1989–93 гг. и др.) поисковые и геологосъемочные работы, направленные на обнаружение новых медно-никелевых месторождений норильско-талнахского типа.

Геохимическая изученность территории весьма неоднородна. Достаточно детально изучена та ее часть, в пределах которой расположены известные месторождения сульфидных медно-никелевых руд и области выходов дифференцированных интрузий на дневную поверхность. Первые сведения о геохимическом изучении закономерностей распределения меди, никеля, кобальта и теллура в интрузиях, рудах и рудных минералов относятся к 20–30 годам.

В 1960 г. Волков И. Д. в результате работ на площади северо-восточной оконечности Норильского плато доказал целесообразность проведения металлометрической съемки в условиях криогенеза.

Наиболее значительными по геохимической информативности до настоящего времени считаются работы Ивановой А. М. В ее тематической работе «Геохимические методы поисков Си и Ni на СЗ Сибирской платформы, 1967 г.», изложены результаты систематизации и обобщения материалов по содержанию и распределению микроэлементов (Си, Ni, Со, Сг, Ti) в горных породах и растительности. Статистически обработано более 34500 анализов, высчитаны региональные кларки микроэлементов для различных геологических подразделений. Изучены формы миграции и концентрации микроэлементов в природных объектах, проведено районирование территории в соответствии с методикой геохимических поисков на ландшафтно-геохимической основе, составлена карта геохимических ландшафтов масштаба 1:500 000, дано описание основных таксонометрических единиц. Недостатком данных работ является необоснованность применения единого критерия аномалий по первичным и вторичным ореолам рассеяния.

С начала 70-х годов геохимические исследования на территории Норильского рудного района проводятся в двух направлениях: опытно-методическом и поисковом.

Опытно-методические работы проводились ведущими геологическими организациями страны (НИИГА, ВСЕГЕИ, ИМГРЭ, ЦНИГРИ).

В 1969–85 гг. сотрудниками ИМГРЭ (Разгонов О. П. 1970, 1975 г., Жук-Почкутов К. А. 1977–80 гг., Рябов В. В. 1982–85 гг.) в поле Талнахского рудного узла проводились опытно-методические работы с целью разработки геохимических методов поисков сульфидных медно-никелевых месторождений по их первичным ореолам. В результате работ удалось показать, что под никеленосными интрузиями развиты протяженные геохимические ореолы широкого круга элементов, как рудных, так и типоморфных для траппов. Было отмечено

сложное строение и прерывистость ореолов индикаторов Cu-Ni оруденения, для тектонических нарушений была установлена четкая полиметаллическая специализация. Однако было отмечено, что выделенные ореолы слабоконтрастные и требуют методов усиления.

Выделенный авторами ряд зональности элементов-индикаторов [Co-Ni-Cu-(Ag,Mo)-Ba-Pb-(Ti, Sn, Zr)] для никеленосных интрузивов Норильского района, дал возможность предварительной оценки аномалий на глубине. Была отмечена (Жук-Почекутов К. А., 1980) тесная связь первичных ореолов с вмещающими их породами и намечены закономерности строения первых в зависимости от вещественного состава и структуры пород. Составлены геолого-геохимические разрезы по мультипликативным показателям элементов-индикаторов. Предположен мультипликативный показатель зональности для определения сечения аномального участка относительно рудоносной интрузии. Недостатком данных заключений явилось ограниченное применение показателя зональности при поисках из-за прерывистости и сложности строения эндогенных ореолов вокруг никеленосных интрузий.

Позднее Рябовым В. В. было установлено, что полиэлементные ореольные зоны по крутопадающим разрывным нарушениям над рудоносными телами Талнахского и Октябрьского месторождений прослеживаются в осадочных породах и базальтах на 700 м, а от фронтальной части интрузива по восстанию рудовмещающей толщи на расстояние 1500–3000 м. Затем, им же был составлен ряд моноэлементных и мультипликативных карт поверхности над Верхнеталнахским интрузивом. В работе Рябова В. В. «Отчет по поисковым работам: совершенствование и внедрение литохимических методов поисков сульфидных Cu-Ni руд. 1983 г., ф.» для оценки дифференцированных интрузий на скрытое оруденение предложен мультипликативный показатель $Ni * Cu * Co * Ag * Zn * Pb$. Для оценки сечения ореольных зон на глубину: $Kз = (Ag * Pb * Zn) / Co^2 * Ni$. Следует заметить, что предполагаемые коэффициенты плохо согласуются с универсальным рядом зональности Григоряна–Овчинникова и выявленной зо-

нальности Норильско-Талнахской группы месторождений, а так же не нашли практического применения при поисковых работах.

В 1987 г. Рябов В. В. в своем отчете по поисковым работам: «Общие геохимические поиски Cu-Ni месторождений на основе детализации и оценки геохимических аномалий на севере Красноярского края. 1987 г.» предложил вариант карты рудогенных аномалий Талнахского рудного узла, где выделены по плотности аномалий 2 зоны: – западная (80 %), – восточная (20 %). Кроме того, было рекомендовано использовать специальный анализ проб с максимальными значениями мультипликативного показателя на Pt, Pd, Au. При выявлении в пробах содержаний выше предела чувствительности, ореол рассматривать как рудогенный (Рябов В. В. 1987; 2010). Однако, практическое использование мультипликативных показателей при поисково-оценочных работах показало, что они слабо согласуются с выявленной зональностью в группе Норильских месторождений .

Значительные работы по изучению геохимии интрузивных образований, а также их принадлежности к продуктивным интрузиям Норильского комплекса были проведены Разгоновым О. П. (Разгонов О.Н., 1972, с. 9-13). Им было установлено наличие элементов индикаторов вокруг дифференцированных интрузий; наличие вертикальной зональности в околоинтрузивных ореолах, позволяющих установить глубину залегающих интрузий (до 500 м); наличие горизонтальной зональности, дающей возможность определить сечение апробируемого участка; наличие объемной зональности в самих интрузиях согласно которой, возможно, установить принадлежность вскрытой части.

В последующих работах Разгонов О. П. предложил ряд геохимических коэффициентов и индикаторных отношений для определения рудной принадлежности дифференцированных интрузий. Недостатком данных исследований явилось то, что высокие значения коэффициентов различия определяются включением в расчет пикритовых и такситовых горизонтов с сульфидной вкрапленностью. В остальных дифференциатах эти величины не отвечают «средним

траппам» и при поисках по отдельным пересечениям, предложенные коэффициенты имеют ограниченное значение.

В 1990–1992 гг. Пузанов А. А. в ходе выполнения опытно-методических работ на Талнахском и Вологочанском участках впервые применил термомагнитный геохимический метод, а так же полифракционное опробование аллювия водотоков и почв, био- и микрофлорогеохимию. Был получен положительный результат на эталонном участке по аномалии ртути, как элементу-индикатору глубокозалегающего Cu-Ni оруденения Норильского типа. К сожалению, природа ртутной аномалии достоверно не была установлена. В практике поисково-оценочных работ на площади ТРУ данные методы не применялись.

В работе Певзнера В. С. «Геохимическое районирование Норильской площади в масштабе 1:200 000, 1992 г. ф.» обобщена и обработана геохимическая информация по разрезам скважин от силура до нижнего триаса включительно. Проведено геохимическое районирование и составлены ОГР (ореолы геохимического района). Показаны крупные блоки, геохимический облик которых различен. Высказано предположение о перспективности территории на обнаружение месторождений Cu, Ni, Ag [108].

В результате опытно-методических работ ИМГРЭ (Фридман А. И. 1975–85 гг.) по проведению газовых съемок по подпочвенному слою и снежному покрову для районов развития вечной мерзлоты была доказана эффективность картирования дизъюнктивных нарушений под покровом четвертичных отложений. Наиболее значительные нарушения картируются комплексными аномалиями CO₂, CH₄, O₂, H₂, аномальные содержания гелия в природных газах приурочены к зоне Норильско-Хараелахского разлома и к подошве рудных залежей на контакте с угленосными породами тунгусской серии. Установлены газовые компоненты индикаторы в почвенном воздухе. Составлены карты изоконцентраций газовых компонентов-индикаторов. Выделены зоны разрывных нарушений и участки перспективные для нахождения интрузивных тел на глубине. Однако, не достаточно убедительно были аргументированы связи газовых оре-

олов с долгоживущими разломами и слепыми интрузивными телами, не обращено внимание на роль неотектоники при формировании газовых ореолов.

Параллельно с опытно-методическими работами с 1974 г. специализированные геохимические работы проводились геолого-геохимической партией ЦАГРЭ ПГО «Севморгеология» под руководством Додина Д. А. На отдельных площадях проведены стадийные геохимические поиски масштаба 1:200000, а на Мокулаевском, Имангдинском, Хараелахском и других участках – масштаба 1:50000. В результате проведенных работ была установлена геохимическая зональность площадей, разработана классификация геохимических полей объектов различной степени рудоносности, установлены основные направления комплексной геолого-геохимической методики опознания территории, составлены прогнозно-геохимические карты для Фокинско-Аяклинско-Мокулаевского и Имангдинского участков. По результатам работ был сделан вывод о равной степени представительности различных типов рыхлых отложений. Выявлена серия комплексных геохимических аномалий, интерпретируемых как ореолы интрузивов различной степени никеленосности. Уточнен геохимический разрез Хараелахской мульды, проведена разработка геохимических критериев в генетической принадлежности выделенных аномалий (по вторичным ореолам). Недостатки: не в полной мере доказана рудная природа Хараелахской аномалий. Проведены ревизионно-увязочные работы на ранее отработанных площадях, сделана геохимическая съемка на Таймырском участке. Однако следует отметить, что выдача рекомендаций на ряд участков производилась без учета заверочных работ на выделенных геохимических аномалиях.

Гидрогеологическая и инженерно-геологическая изученность Норильского промрайона связана в основном с разведкой медно-никелевых и нерудных месторождений полезных ископаемых и подземных вод, которые проводились на очень ограниченных и небольших площадях. Выполненные в 1964–65 гг. региональные работы по гидрогеологической съемке масштаба 1:200000 (Вожов

В. И.) на площади 2440 кв. км по современным требованиям нельзя считать кондиционными. Однако, следует отметить, что была доказана возможность применения гидрогеохимических методов поисков сульфидных медно-никелевых руд в районе. Установлено, что наличие в водах рудных элементов в аномальных содержаниях может быть прямым поисковым признаком.

Более поздними гидрогеохимическими работами (Кузьмин Е. Е. 1971–78 гг.) было установлено гидрогеологическое строение и распределение микро и макроэлементов в водах вдоль северного и север-восточного замыкания Тунгусской синеклизы и северной оконечности предгорий плато Хараелах. В результате поисковых признаков по прямым и косвенным гидрогеохимическим признакам (косвенными являются наличие хлор иона в водах с минерализацией 0,5–2,5 г/л и повышенное содержание сульфат иона в слабоминерализованных водах), было выявлено 56 гидрохимических аномалий [Кузьмин Е. Е. 1971, ф.; 1972, с. 45-54].

В 1975–78 гг. Кузьмин Е. Е. в своей работе «Отчет о результатах гидрохимических поисков Сульфидных Cu-Ni руд вдоль северо-восточных замыканий тунгусской синеклизы за 1975–78 гг.» уточнил гидрогеологическое строение, и распределение микроэлементов в водах крайней северо-восточной части. Было выделено 12 аномалий по прямым первичным гидрохимическим поисковым признакам.

Довольно значительные результаты исследования геохимической зональности месторождений Норильского района были получены Тарасовым А. В. (Всесоюзный научно-исследовательский институт геологии и минеральных ресурсов Мирового океана). В его работах рассмотрены теоретические и практические аспекты минеральной и геохимической зональности рудных месторождений. Обобщены данные по геохимической зональности месторождений и рудных тел – закономерностей размещения в них средневзвешенных концентраций главных рудообразующих элементов (меди, никеля, кобальта, золота, платиноидов) значений парных отношений

(медь/никель, кобальт/никель, платиноиды/никель и др.). Было установлено, что в вертикальных разрезах рудной толщи норильских месторождений содержания рудообразующих элементов не нарастают плавно сверху вниз, а характеризуются скачкообразным распределением. Основная тенденция увеличения концентраций металлов - от оливин-биотитовых или верхов пикритовых в сторону такситовых габбро-долеритов, резкое понижение содержания в горизонте контактовых габбро-долеритов и ближайшей зоны экзоконтактов интрузивов, а затем наличие нового максимума в зоне экзоконтакта. Месторождения характеризуются сложной горизонтальной зональностью. Установлено, что крупные блоки повышенных значений концентраций главных рудообразующих элементов распределены вдоль длинной оси месторождений. Зональность месторождения определяется не только отношением меди и платиноидов по отношению к никелю, но и отношением кобальт/никель ($Cu/Ni = 1.02-3.40$, $Co/Ni = 0.020-0.048$). Последние нередко образуют контрастную горизонтальную зональность по сравнению с другими парными отношениями. По относительному смещению от оси месторождений к их бортам металлы располагаются в следующем порядке: никель-кобальт-медь-платиноиды или никель-медь-кобальт-платиноиды. Анализ данных по распределению дифференциатов в промышленно-рудноносных интрузивах позволил сделать вывод, что эти тела дифференцированы не только по вертикали, но и по горизонтали.

В 1991 г. была завершена тематическая работа ЦНИГРИ по разработке геолого-петрографических и поисковых моделей Норильского рудного района, рудного поля и месторождения Норильского типа; обоснованию рационального комплекса геолого-петрологических методов для прогнозирования, поисков и оценки рудных полей и месторождений медно-никелевых руд; определению геолого-петрографических факторов для расчета прогнозных ресурсов. Результаты изложены в отчете Степанова В. К. и др. «Разработать геолого-генетическую и поисковые модели рудного поля Норильского типа

как основу для создания прогнозно-поискового комплекса, эффективного до глубин 2.5–3 км». В этой работе в главах, написанных Федоренко В. А., систематизированы результаты высокоточных геохимических исследований магматических образований и сульфидных руд (включая геохимию элементов платиновой группы и геохимию изотопов), выполненных в лабораториях Канады и США. Эти данные, увязанные с представлениями о пространственном распределении магматических образований, позволяют, на взгляд Федоренко В. А. понять процесс формирования сульфидных руд в тесной связи с эволюцией магматизма. Им была высказана новая гипотеза, объясняющая такие «уникальные особенности Норильских месторождений, как необыкновенно высокое отношение массы сульфидов к массе рудоносных интрузивов, высокое содержание ЭПГ (элементов платиновой группы) в массивных сульфидных рудах, что увязывается с геологией и геохимией силикатных магматических образований».

Работы в данном направлении проводились в 1990 г. Совместными усилиями ИМГРЭ, ЦАГРЭ и НКГРЭ создан макет геохимической карты Норильского района масштаба 1:200000 (по вторичным ореолам). На площади геохимической карты в донных осадках выявлено более 200 геохимически специализированных на группы элементов, полей и аномалий. Подтверждено большинство геохимических аномалий, установленных в предыдущие годы. В районе г. Норильска, а также к северу и югу от него, выделена мощная протяженная зона предположительно техногенного заражения с высокими и ураганными содержаниями меди, никеля, кобальта, свинца, молибдена и др. металлов. Была произведена систематизация разнородного материала за последние 10 лет, проанализированных в различные года, разными лабораториями, составление сводной геохимической карты с основами прогнозирования.

В ходе геохимической съемки (Снисар С. Г., 1988–1994 гг.) исследования велись геохимическими методами на площади 35060 км². Были получены общие геохимические характеристики геологических образований и установ-

лен характер неоднородности геохимического поля на территории Норильского рудного района. Изучены радиогеохимическая специализация района и геохимическое поведение микроэлементов по средам опробования с построением серии геохимических карт. Подтверждена применимость геохимических методов съемки в районе многолетней мерзлоты. Была создана основа для производства геолого-съёмочных и поисковых работ, выявление перспективных на полезные ископаемые площадей с оценкой их прогнозных ресурсов. Детально разработаны геолого-геохимические модели Талнахского и Норильских рудных узлов (Мирошникова Л. К.). Установлены возмущающие объекты предположительно медно-цеолитовой рудной формации (Мирошникова Л. К.). Главным результатом работ является составление геохимической карты норильского рудного района по потокам рассеяния масштаба 1:200000 унифицированность методов ее составления позволяет рассматривать эту карту в качестве составной части будущей Государственной карты России.

С 2002 г. по 2016гг. геологами ПО «Норильскгеология» под руководством генерального директора С.Г. Снисара, главного геолога С.П. Ерыкалова, главного геолога «Комплексной Геологической Партии» В.А. Радько на территории Норильского района были проведены ревизионные работы, по результатам которых были открыто «Масловское» месторождение сульфидных медно-никелевых с платиноидами руд и увеличен прирост богатых руд на флангах Октябрьского и Талнахского месторождений, при этом были учтены рекомендации Мирошниковой Л.К., предложенные ею в диссертации на соискание ученой степени кандидата геолого-минералогических наук «Геолого-геохимические основы прогноза коренных месторождений медно-никелевых руд в Норильском районе (на примере Талнахского рудного узла)».

1.2. Краткий обзор геологического строения Норильского региона

В работах значительной группы исследователей рассмотрены фундаментальные положения о геологическом строении площади Норильского рудного района и в частности Талнахского рудного узла. При написании разделов по геологическому строению региона, автор цитирует работы Годлевского М.Н., Додина Д.А., Генкина А.Д., Кравцова В.Ф., Люлько В.А., Золотухина В.В., Дистлера В.В., Рябова В.В., Туровцева Д.М., Федоренко В.А., Служиникина С.Ф., Тарасова А.В. и др. Геологическая характеристика Норильского района приведена схематично, обращено внимание только на те аспекты, которые были использованы при интерпретации геохимических данных.

Норильский регион является фрагментом региональной рудно-магматической Кетско-Норильской провинции, которая в свою очередь входит в состав глобальной планетарной Арктической циркумполярной системы (рис. 1.1, 1.2). Провинция размещается на стыке двух крупных геологических структур – Сибирской платформы и Западно-Сибирской плиты.

В работах Н.И. Урванцева, М.Н. Годлевского, Д.В. Полферова, М.К. Иванова и др. модель глубинного строения основана на предположении о развитии в районе субокеанической коры, в разрезе которой резко воздымается поверхность мантии, «базальтовый» слой имеет повышенную мощность, а «гранитно-метаморфическая» оболочка – пониженную. Модель глубинного строения Норильского региона предложенная О.А. Дюжиковым, В.В. Дистлером, Б.М. Струнином и др. базируется на данных регионального сейсмического профиля Диксон – Хилок («Метеорит») (рис. 1.3) (Дюжиков О.А, Дистлер В.В., Струнин Б.М. и др., 1988). Консолидированная земная кора Кетско - Норильской платиноносной никеленоносной области имеет трехчленное строение (рис. 1.3) и состоит из вулканогенно-осадочного чехла (мощностью от 3 – 5 до 13 – 15 км), гранито – гнейсового комплекса (12 – 22 км) и «базальтовой оболочки» (12 – 16 км). Раздел Конрада фиксируется на глубинах 19 – 22 м, поверхность Мохо – 42 – 48 км.

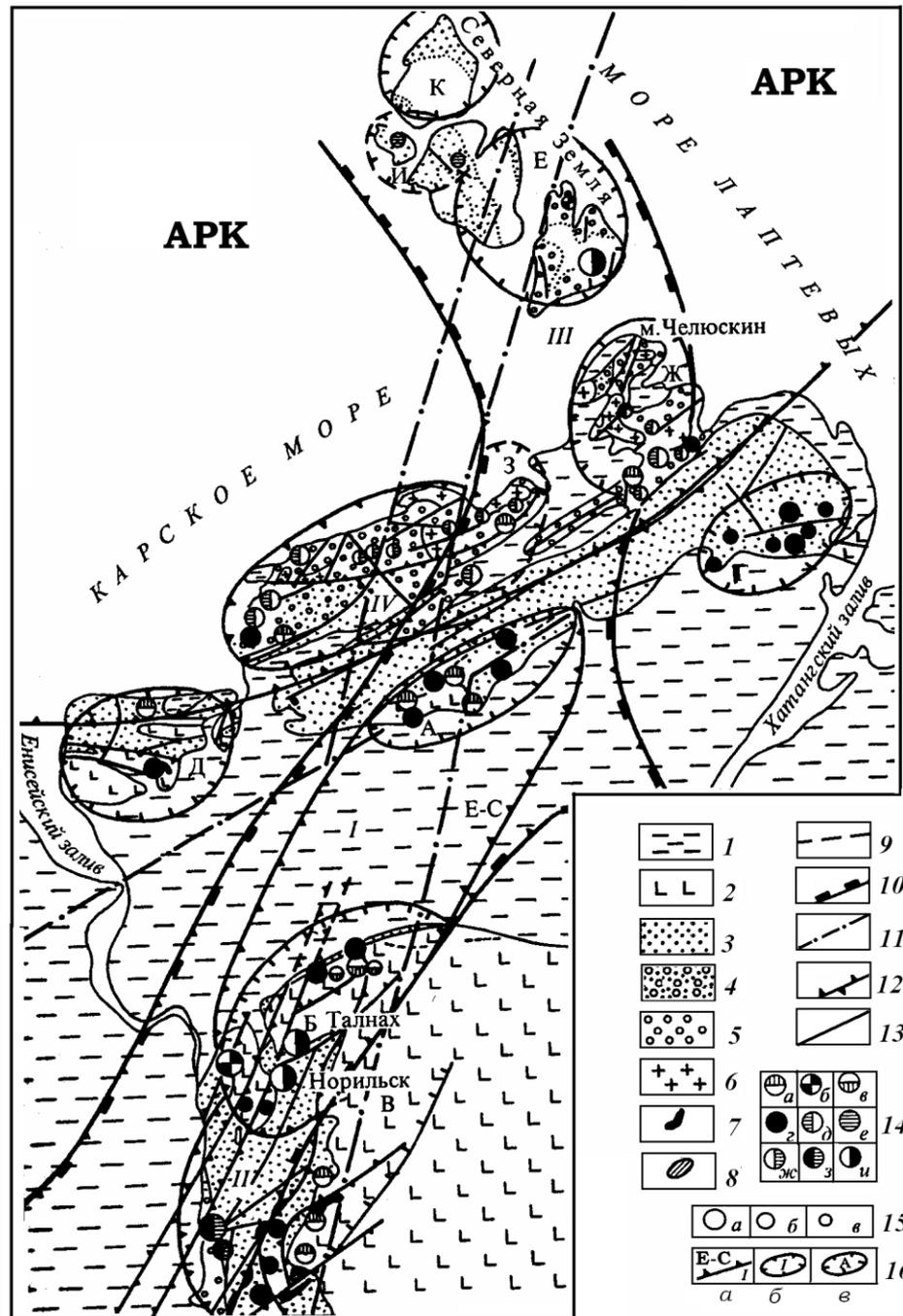


Рис. 1.1. Металлогеническое районирование Енисейско-Североземельского пояса (по Д.А. Додин, 2002): 1 – мезо-кайназойский чехол; 2 – 5 – стратифицированные образования: 2 – палеозойско – мезозойские, 3 – палеозойские, 4 – протерозойско – палеозойские, 5 – протерозойские; 6 – 9 – интрузии кислого и среднего (6), основного (7 – 9) состава (7 – дифференцированные, 8 – недифференцированные, 9 – дайки); 10 – Таймыро – Тунгусский трог карелид; 11 – 12 – разломы: 11 – конседиментационные, 12 – глубинные (в том числе Н – Норильско-Хараелахский); 13 – тектонические нарушения; 14 – ведущие рудные формации: а, б – средне – позднемезозойские (а – колчеданно-полиметаллическая, б – медно-молибденовая); в, г – позднепалеозойско – раннемезозойские (в – медно-цеолитовая, г – медно-никелевая); д, е – ранне – среднепалеозойские (д – черносланцевая, е – медистых песчаников); и – черносланцевая золоторудная; 15 – рудные объекты: а – месторождения, б – рудопоявления; в – точки проявления рудной минерализации; 16 – металлогенические таксоны: а – пояса (Е-С – Енисейско – Североземельский, АРК – Арктический), б – провинции (I – Таймыро – Норильская никеленосно – платиноносная, II – Игарская (рениеносно – платиноносная) – серебро – мединосная, III – Североземельско – Таймырская платиноносно – золотоносная, IV – Северо – Таймырская платиноносно – полиметалльно – золотоносная), в – области, субпровинции (А – Центрально – Таймырская, Б – Кетско – Норильская, В – Курейско – Хантайская, Г – Восточнотаймырская, Д – Западно – Таймырская, Е – Октябрьско – Гольшевская, Ж – Челюскинская, З – Нижнее – Таймырская, И – Пионерская, К – Комсомольская).

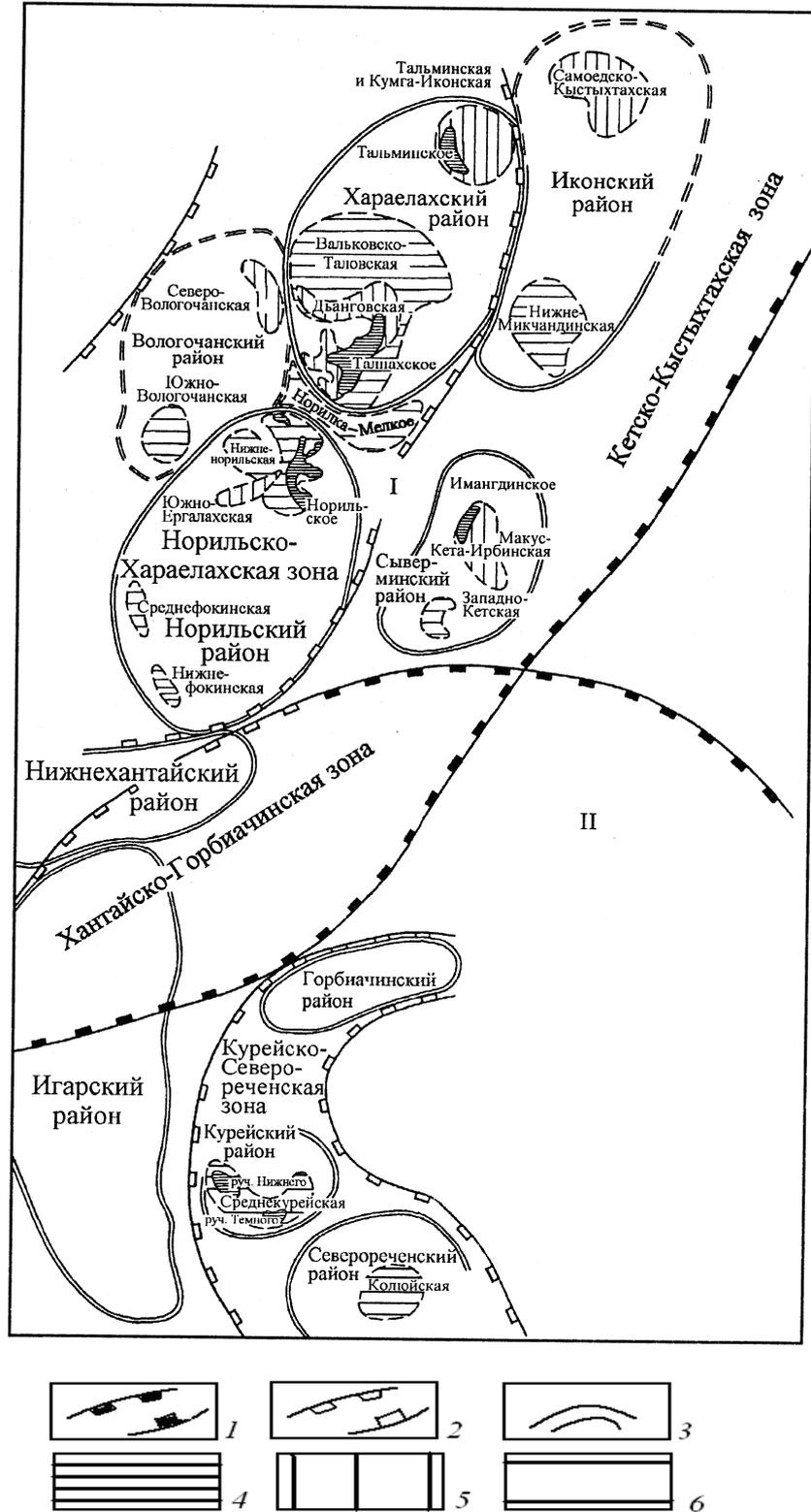


Рис. 1.1. Схема прогнозно-металлогенического районирования Кетско - Норильской и Курейско - Хантайской платиноносно-никеленосных провинций (региональных рудно-магматических систем) (по материалам Д.А. Додина, 2002): 1 – рудные области (I – Кетско – Норильская, II – Курейско – Хатангская); 2 – структурно-металлогенические зоны; 3 – рудные и рудоносные районы; 4 – рудные поля; 5, 6 – перспективные площади 1-й и 2-й очереди соответственно

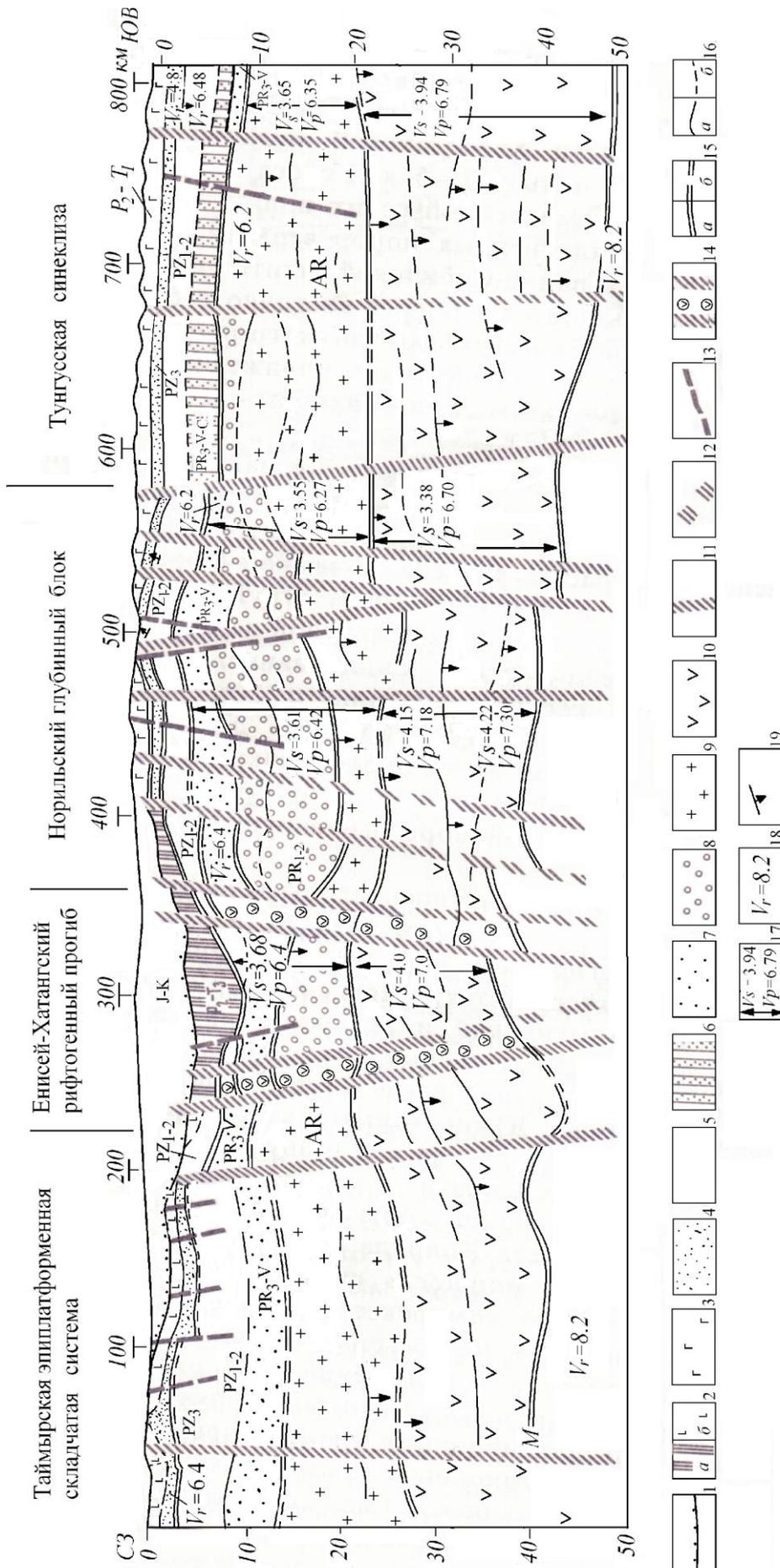


Рис.1.3. Сейсмогеологический разрез северной части профиля Диксон – Хилок («Метеорит»), пересекающий Норильский рудный район: 1 – терригенные отложения (P₂-T₁); 2 – преимущественно погребенные вулканогенно-осадочные (а) и вулканогенные (б) образования (P₂-T); 3 – наземные вулканогенные образования (P₂-T); 4 – терригенные угленосные отложения (PZ₃); 5 – карбоанная толща (PZ_{1,2}); 6 – терригенно-терригенные отложения (PZ₁₋₃); 7 – терригенные отложения (PR₃-V); 8 – осадочно-метаморфические образования (PR_{1,2}); 9 – «граниты» (AR); 10 – базальтовый слой; 11 – глубинные разломы майтйного заложения установленные (11) и предполагаемые (12); 13 – прочие разломы; 14 – зоны линейной базификации пород; 15 – опорные границы раздела земной коры – установленные (а) и предполагаемые (б); 16 – второстепенные границы раздела, установленные (а), предполагаемые (б); 17 –средние скорости продольных (V_s) и поперечных (V_p) волн; 18 –границные скорости; 19 –инверсионные границы бло-

Под наиболее насыщенной месторождениями Хараелахской мульдой от ее северного крыла к Хантайско-Рыбнинскому валу намечается подъем границы Мохоровичича до 32 км. Мощность «базальтового» слоя возрастает до 20 км, а гранито-гнейсовая оболочка утончается до 15 – 16 км. Ниже на глубинах 42-45 км располагается верхняя мантия предположительно пиролитового состава. В Енисей-Хатангском прогибе кристаллический фундамент залегает на глубине 13 км, на промежуточном перегибе - Курейском линеаменте (до 10 км) и в районе Норильска (7 км), а в Котуй-Маймечинском районе глубина залегания фундамента составляет 3 – 5 км. Для Енисей – Хатангского прогиба также характерны минимальная мощность (до 12 – 16 км) «базальтового слоя» и наименьшая мощность (до 7 км) «гранито - гнейсовой толщи».

В центральной части Западно-Сибирской плиты отмечается крупная линза (астенолит) аномальной мантии (скорости волн в мантии 7.9 км/с), имеющая протяженность 400 км и с кровлей, залегающей на глубине 40 км и подошвой 100 км. «Восточнее в зоне среднепалеозойской структуры в верхней мантии обособляется наклонная линза, характеризующаяся аномально высокими (до 8,8 км/с) по сравнению со смежными областями (8,2 км/с) скоростями продольных волн. Эта пластина интерпретируется как фрагмент среднепалеозойской зоны субдукции Западно-Сибирской океанической плиты под Сибирскую платформу (Голубков В.С., 1969, с. 66-83). Енисей-Хатангский и Курейский линеаменты являлись в период позднепалеозойской – раннемезозойской тектоно - магматической активизации подводными каналами для массивов ультраосновных - щелочных пород. Смещения земной коры по коровым и транскоровым дизъюнктивам, местами проникающими в верхнюю мантию, имеют амплитуду до 2 – 4 км и обуславливают ее блоковое строение, при этом смещение поверхностей Конрада и Мохо положительно коррелируется с современными мульдами (брахисинклиналиями) и валами.

В современном структурном плане большая часть Норильского региона обособляется как единый геоблок, включающий выступы докембрийского фун-

дамента и участки рифейско-палеозойских и мезозойских образований. С северо-запада он ограничен Енисей-Хатангским рифтогенным прогибом и Западно-Сибирской плитой, с востока – Тунгусской синеклизой (рис. 1.4).

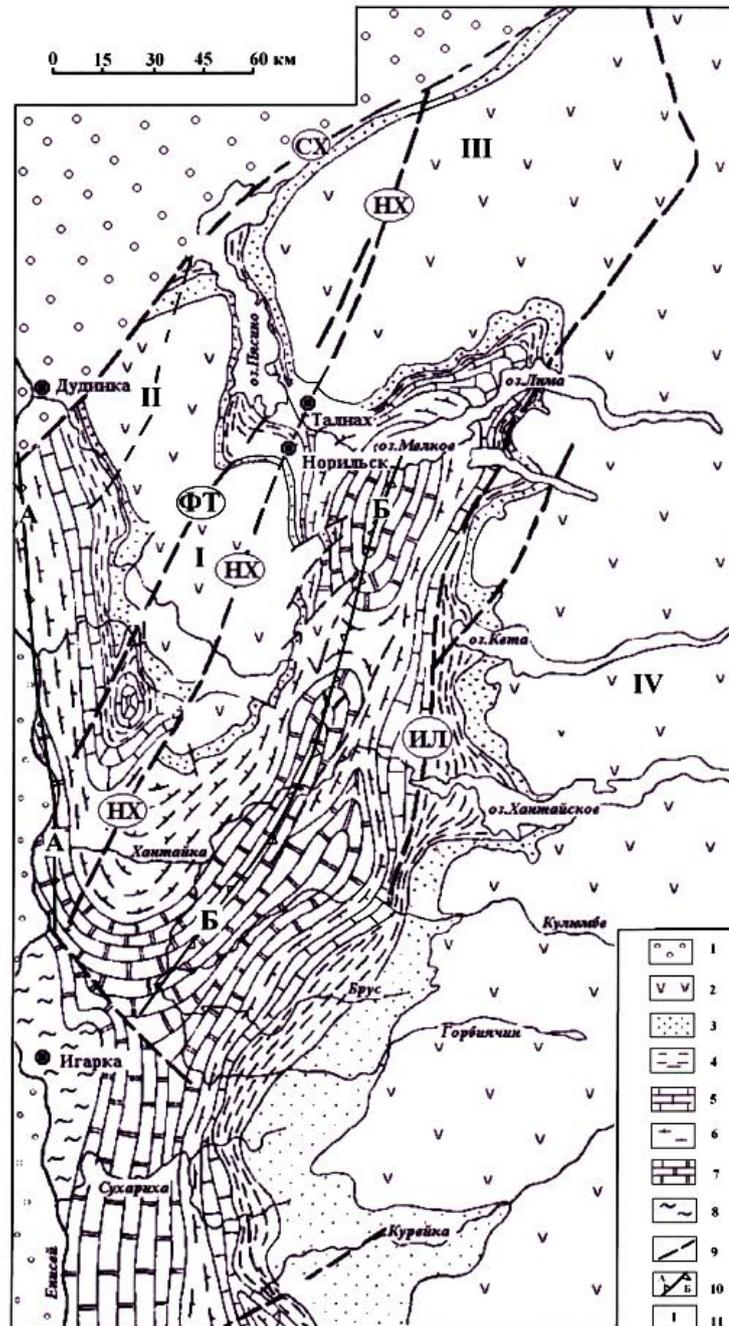


Рис. 1.4. Схематическая структурно - геологическая карта Норильского района (по материалам НКРЭ, 1974): 1 – мезо-кайнозойский комплекс рыхлых отложений; 2 – верхнепермско - нижнетриасовый вулканогенный (базальтоидный) комплекс; 3 – верхнепалеозойский комплекс терригенных осадочных отложений (тунгусская серия); 4 – 7 среднепалеозойский комплекс аргиллито – мергелево - карбонатных сульфатоносных отложений: 4 – девона; 5 – силура; 6 – ордовика; 7 – кембрия; 8 – верхнепротерозойские образования; 9 – зоны разломов: Норильско-Хараелахский (НХ); Северохараелахский (СХ); Имангдино - Летнинский (ИЛ); Фониноско-Тангаралахский (ФТ); 10 – А – Дудинский вал; Б – Хантайско-Рыбнинский вал; I – Норильская мульда; II – Вологочанская мульда; III – Хараелахская мульда; IV – Тунгусская синеклиза

Главными структурами второго порядка геоблока в настоящее время являются Норильско-Хараелахский прогиб и Тунгусская синеклиза, разобщенные Хантайско-Рыбнинским, Кулюмбинско-Горбиячинским и Кулюмбинско - Летнинскими валами. Территория Норильского региона дислоцирована в пределах тройного сочленения рифтов и характеризуется исключительно высокой плотностью дизъюнктивных дислокаций, определявшей чрезвычайно высокую флюидо-магматическую проницаемость земной коры. Главными магмоконтролирующими структурами Норильского района, являются длительно развивающиеся подвижные зоны, отвечающие признакам разломов глубинного заложения. Такими разломами, имеющими к тому же сложное, грабенвидное строение, в Норильском районе являются Норильско - Хараелахский и Имангдино - Летнинский разломы. Гетерогенность мантии привела к возникновению ряда очаговых зон – достаточно крупных вулканических бассейнов, «нанизанных» на глубинные разломы: Норильско-Хараелахский, Имангдино-Летнинский, Енисей-Гулинский и др.

Очаговые магматические зоны выделяются в ранге структурно-металлогенических зон: Норильско-Хараелахской, Кетско-Кыстыктахской, Хантайско-Горбиячинской, Курейско-Северореченской и др (см. рис. 1.2). В структурном отношении данные металлогенические зоны представляют собой прогибы и впадины. Уникальной структурой является приразломный Норильско-Хараелахский прогиб, с которым связаны крупнейшие платиноидно-медно-никелевые месторождения Сибири. Прогибы образовывались в результате растяжений, которые благоприятствовали раскрытию зон глубинных разломов и выводу на поверхность магматических масс. В результате смены режима растяжения на режим сжатия, прогибы были осложнены поперечными антиклиналями на серию более мелких впадин и мульд (Норильская, Хараелахская, Сыверминская, Иконская, Вологочанская мульды) (см. рис. 1.2, 1.3). Данные структуры относятся к поствулканическим структурам второго порядка, которым присущ мафит-ультрамафитовый магматизм, и, в пределах которых распо-

ложены рудные районы. Практически все месторождения и наиболее значимые рудопроявления Норильского района приурочены к бортам “высоких” валов и антиклиналей, в частности Норильский, Талнахский и Вологочанский рудные узлы располагаются в бортах Пясинского куполовидного поднятия, Тальминский рудный узел в борту Самоедского вала, Имангдинский, Хантайско – Рыбинского вала. Данная закономерность обусловлена схождением к крутым бортам поднятий многочисленных интрузивных струй (в том числе и струй дифференцированных интрузий), движущихся от центров мульд и магмоподводящих разломов в субгоризонтальной плоскости по восстанию слоев осадочных пород.

Стратиграфия. В Норильско-Харелахском прогибе происходило накопление мощной осадочной толщи с участием вулканических образований. Начиная с кембрия и до раннего карбона в условиях чередующихся морских трансгрессий и регрессий, формировались морские доломиты, аргиллиты, известняки (силур - нижний девон), которые перекрывались эвапоритами, представленными доломитами, мергелями, ангидритами с горизонтами каменной соли (средний девон - нижний карбон). В позднем палеозое и раннем мезозое в условиях режима компенсированного погружения происходило накопление терригенных угленосных отложений тунгусской серии ($C_2 - P_2$) и формирование вулканической толщи поздней перми – раннего триаса ($P_2 - T_1$). Платформенный чехол площади Норильского района представлен «промежуточным» и «верхним» этажами (рис. 1. 5). К промежуточному этажу относятся обнаженные в районе Игарского выступа дислоцированные осадочные и вулканогенные образования, претерпевшие региональный метаморфизм зеленосланцевой фации, общей мощностью 3,5 км (см. рис. 1.4). Возраст этих образований по данным $Nd - Sm$ датировки составляет 1300 – 1700 млн. лет (Додин Д.А., 2003). Верхний структурный этаж подразделяется на три структурных яруса. Первый ярус включает морские отложения венда – раннего карбона общей мощностью 3 – 8 км. Второй ярус образован осадочными породами тунгусской серии и вулканогенной толщей (трапповая формация). Их общая мощность достигает 4 км. Третий ярус представлен терригенными

ми морскими отложениями юрской и меловой систем и четвертичными отложениями.

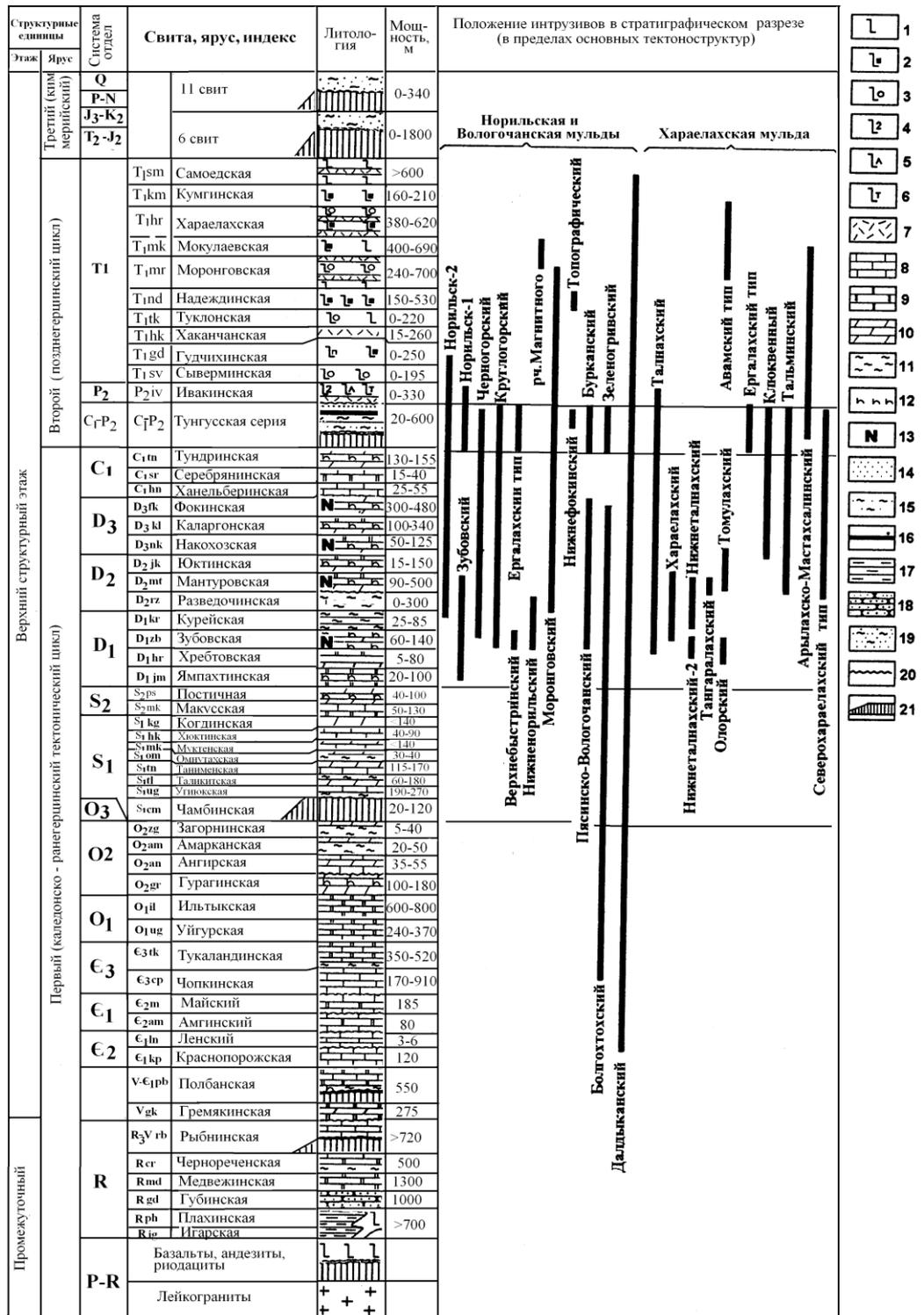


Рис. 1.6. Схема структурно-геологического строения Норильского района и положение гипербазит-базитовых интрузивов в стратиграфическом разрезе (по В.А. Люлько и др., 1994, с изменениями): 1 – 6 – базальты: 1 – порфиоровые; 2 – гломеропорфиоровые; 3 – толеитовые; 4 – двуплагиоклазовые; 5 – лабродоровые; 6 – титанавгитовые; 7 – пирокластиты; 8 – известняки; 9 – доломиты; 10 – мергели; 11 – аргиллиты; 12 – ангидриты; 13 – каменная соль; 14 – песчаники; 15 – алевролиты; 16 – угли; 17 – сланцы; 18 – кварцитовые песчаники; 19 – рыхлые отложения; 20 – размывы; 21 – перерывы

Мощность этих образований в северной части Норильского района достигает 1,8 км, а в центральных частях Западно-Сибирской плиты и Енисей – Хатангского рифтогенного прогиба до 5 км. Вся северо-западная часть Сибирской платформы на протяжении киммерийского цикла являлась областью поднятия и сноса (Додин Д.А., 2003; Люлько В.А. и др., 1993г).

Магматизм. Северо – западная окраина Сибирской платформы с конца позднего протерозоя находившаяся в состоянии относительно спокойного с небольшими перерывами осадконакопления на рубеже палеозоя и мезозоя испытала кратковременную, но весьма интенсивную вспышку траппового магматизма. Хараелахская и Иконская мульды находились в центре региона охваченного магматизмом, так как в их пределах наблюдаются наиболее контрастный и мощный (более 3,5км) разрез туфо – лавовой толщи существенно лавового типа на 90% сложенного базальтами (В.В. Золотухин, 1986). В удаленных вулканических структурах общая мощность покрова вулканогенных образований сильно уменьшается с увеличением до 90% доли туфогенных пород.

Разнообразные магматические образования по данным U-Pb датирования были сформированы в течение полутора миллионов лет, в период от 251.7 ± 0.5 до 250.2 ± 0.3 млн. лет назад (Адамская Е.В. и др., 2016; Когарко Л.Н., 2011; Лохов К.И., Прасолов Э.М., 2009; Kamo et al, 2000,). Вулканическая толща обычно залегает на терригенных угленосных отложениях тунгусской серии (средний карбон - верхняя пермь) с небольшим размывом (десятки метров – до 300 м). Мощности лав контролируются палеодепрессиями, в то же время, максимальные мощности лавовых пачек, по крайней мере, для ивакинской – надеждинской свит, совпадают с зонами крупных разломов, выраженных и в современном структурном плане (Люлько В.А. и др. Опорная легенда к геологической карте масштаба 1:50000. Серия Норильская. Норильск, 1993г. Ф.). Разрез толщи вулканических образований представлен на рисунке 1.6. Вулканическую толщу составляют 11 свит: ивакинская, сыверминская, гудчихинская, надеждинская, моронговская, мокулаевская, хаканчанская, туклонская, хараелахская,

Этап	Цикл	Возраст свита	Магматические комплексы			
			Эффузивные		Интрузивные	
Поздний	VI	T ₂			Авамский интрузивный субвулканический комплекс трахидолеритов (дайки) Далдыканский интрузивный комплекс оливинсодержащих и оливиновых долеритов (пластовые, секущие интрузии, дайки)	
			V	T ₁₋₂	Моронговский комплекс базит-гипербазитовых интрузий, дифференцированных от пикритов (троктолитов) до безоливиновых кварцевых долеритов	
	IV	T _{1sm}			Самоедский эффузивный базальтовый комплекс	Огонерский интрузивный комплекс оливинсодержащих и оливиновых долеритов, порфировидных аноритовых долеритов (силлы, секущие интрузии, дайки)
		T _{1km}	Кумгинский эффузивный комплекс гломеропорфировых анортозитовых базальтов			
		T _{1hr}	Верхнехараелахский эффузивный базальтовый комплекс			
	Нижнехараелахский эффузивный базальтовый комплекс					
	Средний	III	T _{1mk}	Моронговско-мокулаевский эффузивный комплекс базальтов и туфов		Норильский комплекс базит-гипербазитовых интрузий, дифференцированных от пикритов до анортозитового габбро, габбро-диоритов
			T _{1mr}			
			T _{1nd}	Туклонско-надеждинский эффузивный базальтовый комплекс		
			T _{1tk}			
T _{1hk}			Хаканчанский эксплозивный комплекс базальтовых туфов, туфобрекчий и туфолав			
Ранний	II	T _{1gd}	Гудчихинский эффузивный комплекс пикритовых базальтов		Гудчихинский интрузивный (субвулканический) комплекс пикритовых порфиритов	
		T _{1sv}	Сыверминский эффузивный комплекс толеитовых и порфировых базальтов			
		P _{2iv}	Ивакинский эффузивный комплекс субщелочных титан-авгитовых базальтов, андезито-базальтов, "лабродоровых" и "двуполевошпатовых и их туфов"	Пясинский интрузивный комплекс трахиандезитовых порфиритов (пластовые, секущие интрузии) Ергалахский интрузивный комплекс трахидолеритов и субщелочных оливиновых долеритов (пластовые, секущие интрузии)		

Рис. 1.6. Схема формационного расчленения траптовых образований Норильского района (по В.А. Люлько, 1975, с изменениями)

кумгинская, самоедская. Ивакинская свита ($P_2 iv$), образованная щелочными и субщелочными лавами, имеет отрицательную полярность (Lind et al., 1994; Павлов В.Э., 2011, с. 35-50). Сыверминская свита и весь вышележащий разрез вулканической толщи вплоть до самоедской свиты имеет положительную магнитную полярность.

Интрузивные образования

В Хараелахской, Иконской, а так же в сопредельных с ними Норильской, Вологочанской мульдах и Ламском прогибе, составляющих в совокупности Норильский район, выделяются сходные свиты в туфолаковой толще и соответствующие им интрузивные комплексы (М.Н. Годлевский, 1959; В.А. Люлько, 1993ф) (смю рис. 1.6). Интрузивные комплексы, зафиксированные в пределах Талнахского рудного узла, характерны и для Норильского района в целом, здесь выделяют: ергалахский ($\tau\beta P_2 er$), пясинский ($\tau\alpha\beta P_2 ps$), оганерский (βT_{1og}), фокинский ($\omega\gamma-\gamma\beta T_{1fk}$), норильский ($\omega\gamma-\gamma\delta T_{1nr}$), моронговский ($\omega\gamma-\gamma\beta T_{1-2mr}$) и далдыканский (βT_{1-2dl}) комплексы. Норильский интрузивный комплекс содержит четыре типа рудоносных дифференцированных интрузий: норильский ($\omega\gamma-\gamma\delta T_{1nr}^{nr}$), зубовский ($\omega\gamma-\gamma\delta T_{1zb}^{nr}$), круглогорский ($\pi\gamma-\gamma\beta T_{1kg}^{nr}$) и нижнеталнахский ($\omega\gamma-\gamma\beta T_{1nt}^{nr}$) типы.

С собственно норильским типом ($\omega\gamma-\gamma\delta T_{1nr}^{nr}$) дифференцированных интрузий связаны все промышленные месторождения Cu – Ni руд в Норильском районе. Зубовский, круглогорский, нижнеталнахский, а также моронговский комплексы интрузий сопровождают собственно норильский тип. Они обладают меньшей степенью дифференциации и рудоносности, но чаще встречаются, образуя как бы общий фон рудного узла. Интрузии норильского типа дифференцированы от габбродолеритов нормального ряда до такситовых и пикритовых габбродолеритов с рудной вкрапленностью в нижней части интрузии и до лейкогаббро и габбродиоритов в верхней части. К нижней части полнодифференцированных интрузий норильского типа в качестве одного из дифференциатов приурочены пластовые тела сплошных сульфидных Cu – Ni руд, которые рас-

полагаются в роговиках нижнего экзоконтакта и в теле интрузива в виде линз и пластовых залежей. Кроме того в слабоэродированном массиве Хараелахской интрузии сплошные сульфидные Cu – Ni руды интродуцированы, в результате коллапса субвулканической камеры, и в породы верхнего экзоконтакта в виде сплошных, брекчиевидных и густовкрапленных медистых руд, образующих тела сложной морфологии.

Расположение дифференциатов внутри интрузивного массива образует сложную вертикальную и латеральную зональность. Слабодифференцированные участки расположены на флангах и в пережимах интрузии, полnodифференцированные участки, с наличием всех дифференциатов, тяготеют к центральным и осевым зонам рудоносных интрузий. В полnodифференцированных интрузивах выделяют прикорневую, центральную и фронтальную зоны (Суханова Е.Н., 1971), становление которых происходило в различных фациальных условиях динамической дифференциации и кристаллизации (Радько В.А., 1991).

Контактный ореол интрузивов норильско-талнахского типа представляет собой зональный полифациальный существенно пироксеновый контактово-метаморфический ореол с широким развитием метасоматитов. В верхнем экзоконтакте его мощность достигает 150 - 250 м и 100 - 150 м в нижнем. Контактново-метаморфический комплекс сложен контактными роговиками, магнезиальными и известковистыми скарнами и послескарновыми метасоматитами (Додин, Д. А. 1971, с. 31–100; Туровцев, Д. М., 1982, 1986, 2000; Юдина, В. В., 1965, с. 112–175 и др)

Руды сульфидных медно-никелевых с платиноидами оруденения месторождений норильско-талнахского типа (Котульский В.К., 1947; Маслов Г.Д., 1960, ф.; Дюжиков О.А., Дистлер В.В., 1988; Генкин А.Д. и др. , 1972, ф.; Люлько В.А., Глушницкий О.Т. , 1967, ф; Кравцов В.Ф., Седых Ю.Н., Постанен С.М. 1975, 1987, ф.; Суханова Е.Н., 1971; Додин, Д. А. 1988, 2000, 2002; Рябикин В.А., Торгашин А.С., 2007). Различные типы и разновидности руд свя-

занные с дифференцированным интрузивом объединены в единую систему. По условиям кондиций выделяются несколько горизонтов и залежей на глубинах от 450 до 1050 м: богатые (сплошные), вкрапленные в интрузии и "медистые" (прожилково-вкрапленные во вмещающих интрузив породах) .

Вкрапленные руды прослеживаются по всей площади распространения рудного интрузива и локализуются в зоне его нижнего эндоконтакта.

Богатые руды приурочены к приподошвенной части интрузии габбродолеритов и представляют собой в целом пластообразные тела. Мощность богатых руд меняется в широких пределах: от первых метров в местах пережимов и на выклинивании до 40-45 метров - в раздувах. Положение залежи четко контролирует плоскость контакта подошвы интрузива и вмещающих осадочных пород. В сплошных рудах часто встречаются ксенолиты ороговикованных и метасоматически переработанных вмещающих пород.

Прожилково-вкрапленные «медистые» руды локализуются преимущественно в грабенообразных структурах, образованных в верхнем эндо- и экзоконтактах дифференцированного интрузива, в результате проседания его отдельных тектонических блоков. Морфология рудных тел определяется конфигурацией и пространственным положением блоков, вмещающих пород и интрузивных инъекций. Главной текстурой медистых руд является брекчиевидная, обусловленная наличием обломков осадочно - метаморфических пород, сцементированных массивными сульфидами.

По составу и технологическим свойствам сульфидные медно-никелевые руды месторождений Норильского района относятся к сложным и характеризуются многообразием минерального состава и форм нахождения рудообразующих компонентов. Минералы норильских руд представляют почти все основные классы, известных для гипогенных рудных минералов - от самородных элементов до сульфидов и гидроокислов. Главные минеральные ассоциации руд: пентландит-пирротиновые, пентландит-халькопиритовые и пентландит-кубанитовые, пентландит-талнахитовые и пентландит-мойхукитовые. Руды яв-

ляются комплексными, в их составе в качестве основных компонентов обнаружено свыше 30 химических элементов, 14 из которых имеют промышленное значение. Основными являются медь, никель, кобальт, попутными - шесть платиновых металлов (платина, палладий, родий, осмий, иридий, рутений), золото, серебро, селен, теллур и сера.

Рудные парагенезисы. Рассмотрены парагенетические минеральные ассоциации, которые образуют сульфиды трех групп минералов - пирротина, пентландита и халькопирита, а также кубанита.

Низкосернистый парагенезис представляет собой ассоциацию сульфидов с наибольшими значениями соотношения $\Sigma Me/S$ в каждой группе минералов и наиболее железистым составом фаз. В состав ассоциации входят троилит, талнахит, моихукит, паторанит, хейкотит и пентландит с соотношением $Fe/Ni > 1.13$.

Промежуточный по сернистости парагенезис состоит из минералов с широким диапазоном колебания состава. Основу ассоциации составляют сростания троилит + гексагональный пирротин (ΣMe 48,12-48,55 ат.%) с преобладанием Po_h и реже Po_h (47,7- 48,2 ат.%) без троилита; кубанит, главным образом в виде зернистых агрегатов; железистый халькопирит или тетрагональный халькопирит и пентландит ($Fe/Ni = 1,0 - 1,13$).

Высокосернистый парагенезис представлен сульфидами с наименьшими значениями соотношения $\Sigma Me/S$ в минералах каждой группы и наименьшей железистостью фаз. Из медных минералов в его составе присутствует только тетрагональный халькопирит. Пирротин представлен гексагональной модификацией Po_h 46,8-4,1 и сростаниями $Po_{h4,4} + Po_{m46,6}$. С этими минералами сосуществует пентландит (от $Pn_{1,0}$ до $Pn_{0,8}$) (Спиридонов Э.М., 2004; Дюжиков О.А, Дистлер В.В., 1981).

Генетические особенности месторождений. Существует несколько гипотез, раскрывающих природу рудообразования от магматической - ликвационной до инфильтрационно - метасоматической.

Гипотеза магматическая-ликвационная является наиболее популярной. Для медно-никелевых месторождений Норильского района ликвационная гипотеза была использована Н. П. Урванцевым, В. К. Котульским и М. Н. Годлевским. Предполагается, что разделение (ликвация) магмы на сульфидную и силикатную части началось еще в глубинном магматическом очаге при понижении температуры. Н. Н. Урванцев предположил существование промежуточного магматического очага на глубинах около 10 000 м, где процесс ликвации был связан с ассимиляцией, предполагаемых, битуминозных богатых серой пород нижнего палеозоя - верхнего протерозоя [131, с. 39-55]. М. Н. Годлевский образование месторождений связывал с ликвационным разделением единого сульфидно-силикатного расплава в конечной интрузивной камере (Годлевский М. Н., 1968 г., с. 8-73; 1979, с. 109-118; 1983 г., с. 47-54) В. К. Котульский предложил гипотезу ликвации (сегрегация сульфидов) в промежуточных магматических резервуарах с самостоятельным внедрением сульфидной фазы (Котульский В. К, 1947, с.13 – 24;1948 г., с. 11-24). О. А. Дюжиков, В. В. Дистлер, Б. М. Струнин, придерживаясь магматической гипотезы, считают, что рудоотложение связано с двумя автономными этапами, разделенными во времени. Первый этап соответствует внедрению, дифференциации и кристаллизации сульфидно-силикатного магматического расплава. Второй этап рудообразования соответствует формированию сплошных и ассоциирующих с ними жильково-вкрапленных руд в результате самостоятельного внедрения богатой сульфидами магматической жидкости [42, с.16-77].

Самостоятельное существование несовместимой сульфидной фазы. Рассматривались разные возможности поступления сульфидов в интрузивную камеру, в том числе в виде самостоятельно расплава, отделившегося на глубине. (Генкин А. Д. и др., 1981). А.П. Лихачев (1974 г., 1978 г.), В.В. Дистлер, М.Н. Годлевский считали, что сульфиды Норильских месторождений происходят непосредственно из мантии.

Гипотеза сингенетического и эпигенетического рудообразования Г. А. Митенкова. Состав сульфидов определяется влиянием более поздних само-

стоятельных массивных рудных залежей на более раннее вкрапленное оруденение в интрузиве [100, с. 284-285.].

Транспортно-гравитационная модель А. П. Лихачева. Основана на эффекте диспергирования (рассеивания). Подъем рудного материала из горизонтов магмообразования осуществляется в основном в виде сульфидной жидкости, рассеянной в окисно-силикатном расплаве. В конечных камерах внедрения за счет этих обогащенных сульфидами интервалов магматических колонн образуются платино-медно-никелевые месторождения. Переход колонны в субгоризонтальное положение и дальнейшее ее продвижение в этом направлении приводят к образованию рудоносных интрузий норильского типа с различным количеством рудного вещества, в зависимости от условий внедрения и становления интрузива [74, с. 31-46; 75, с. 158-165].

Гипотеза о существовании флюидизированной магмы. Академик Ф.А. Летников выделил особый петрологический тип – флюидизированной магмы. Тенденция к расслоению расплава на существенно рудную и безрудную части является отличительной чертой шоковой декомпрессии, приводящей к самоорганизации флюидно – силикатной системы. При «продувке» флюидом расплава обнаруживается эффект исключительно высокой экстракции кремнезема, меди и других рудных компонентов, что и приводит к образованию залежей с компактным оруденением [71, с. 171-220].

Гипотеза образования дифференцированных интрузий и руд из магматического расплава $nd_3 - mr_1$ В.А. Федоренко (А.Дж.Налдретт). В качестве единственного источника сульфидного вещества Норильско-Талнахских месторождений рассматривает магму nd_{1-2} базальтов. Сегрегация сульфида рассматривалась не в двухфазной (силикат-сульфид), а в трехфазной системе: силикат – железо – никелевый сульфид - железо - медный сульфид. Внедрение рудоносных интрузивов, являющихся агентами транспорта рудного вещества, согласно гипотезе, относится к концу среднеморонговского времени. Решающую роль в транспортировке сульфидов сыграла флюидная фаза. На площади Талнахского рудного поля (400км^2), где масса nd_{1-2} лав составляет 480 000 млн. т., сегрегировалось 340 млн. т. сульфидов, которые включили 34 млн. т. Cu, 17 млн. т. Ni, 7.2 тыс. т. Pd. Этого количества вполне достаточно для

формирования крупнейших месторождений, особенно если допустить концентрацию сульфидов в прогибах промежуточной камеры [102, с. 253-343; 103, с. 140-164].

Ассимиляционная модель (магматическая сульфуризация) рассматривает процесс сульфуризации магматического материала с участием коровой серы (Альмухомедов А. И., Медведев А.Я., 1979). Магма «прогрессивно эродировала» стенки камеры, поглощая девонские эвапориты и углесодержащие породы тунгусской серии и восстанавливая эвапориты с образованием сульфидов. Гипотеза магматической сульфуризации, способная объяснить концентрирование платиноносных медно-никелевых руд именно в данных геологических условиях [4, с. 129-131; 5, с. 123–132].

Гипотезы формирования сульфидов на поздней или постмагматической стадии становления интрузивов с участием процессов метасоматического замещения (Горянинов И.Н, 1971г., с. 182-186; Золотухин В. В, 1988 г., с. 172–181; Гулин С.А., Сухов, 1973 г., с. 24-35; Наторхин И.А. и др. 1977г.). Предложена гипотеза о полигенном магмато-метасоматическом происхождении промышленно-рудноносных интрузивов Норильского района и о ведущей роли мантийного флюида при образовании месторождений сульфидных платиноидно-медно-никелевых руд. Флюиды экстрагировали и перераспределяли рудогенные элементы из прикорневых во фронтальные части магматических тел, образуя, в том числе малосульфидные платиновые месторождения. Рудообразующая роль галогенов проявилась в формировании связанных с пегматоидами Pt-малосульфидных руд, которые известны в норильских и других расслоенных интрузиях.

Инфильтрационно-автометасоматическая гипотеза В. В Золотухина. Он полагает, что присутствующая во флюидах сера приводит к сульфуризации, максимальное развитие которой приурочено к высокотемпературной постмагматической стадии, когда и происходит, по его мнению, формирование всего многообразия руд.

Образование богатых Pt – Cu - Ni сульфидных руд в посленадеждинское время происходило в результате самостоятельного магматического импульса, при этом магмы выполняли, главным образом, транспортирующую роль по отношению к сульфидам, сконцентрированным на предыдущих этапах развития региона в пределах нижней коры (Криволицкая Н.А, 2014, с. 64.).

Рудообразование месторождений Норильского района происходило в два этапа, между которыми существует значительный временной разрыв. Первый этап соответствует внедрению, дифференциации и кристаллизации сульфидно-силикатных магматических расплавов. В результате этих процессов происходило формирование оруденения горизонтов вкрапленных руд.

Второй этап рудообразования соответствует формированию сплошных и ассоциирующих с ними прожилково-вкрапленных руд. Образование массивных руд происходило в результате самостоятельных инъекций сульфидной магмы. При этом имел место многоканальный характер внедрения богатой сульфидами жидкости даже в пределах одного рудного узла [42, 43].

Магматические сульфиды слагают однотипного состава вкрапленность в интрузивах, залежи, жилы и импреньяции в нижнем эндоконтакте этих интрузивов и в подстилающих роговиках, а также жилы, отходящие от рудоносных интрузивов до 800 м. Происхождение руд в основном магматическое. Руды представлены минералами группы пирротина и халькопирита.

«Эвтектические» руды. Уникальная особенность месторождений Норильского рудного поля - наличие поздних легкоплавких (Т кристаллизации ~550°C) PbSss-Iss руд. Это эвтектические срастания галенит-халькопирит, -мойхукит, талнахит, которые слагают гнезда и жилы в сульфидных залежах и во вмещающих их интрузивных породах и роговиках. «Эвтектические» руды и прилегающие к ним обычные сульфидные руды уникально богаты платиноидами, серебром и золотом.

Минералы пневматолитового происхождения. Основная масса минералов Pt и Pd норильских руд возникла при флюидной переработке ЭПГ (эле-

менты группы платины) -содержащих Mss, Iss, PbSss в резко восстановительных условиях при температуре 450- 350°C, при крайне низкой фугитивности сульфидной серы. Практически вся масса норильских элементов платиновой группы образована путем замещения магматических сульфидных руд и прилегающих пород. При их формировании Pd, Pt, Au, Ag, Sn, Te, As, Sb, Bi привнесены флюидами; Cu, Pb, Fe, Ni - заимствованы из сульфидов [116, с. 291-294; 119, с. 175-192].

Поздние гидротермальные преобразования руд. Главной особенностью наиболее поздних гидротермальных парагенетических ассоциаций является инертное поведение основных рудных минералов (Ni, Си, Со, Fe) и петрогенных (Mg, Al, Si) компонентов, а тип парагенезиса определяется соотношением активностей H₂O, CO₂, S, As, Sb, F. Процесс метаморфизма является относительно низкотемпературным. Метаморфические ассоциации, представлены парагенезисом редких минералов: никелином, маухеритом, лёлленгитом, саффлоритом, ульманитом и самородным мышьяком. Источником никеля, кобальта и железа при формировании этой парагенетической ассоциации послужили пирротин и пентландит, из которых они извлекались метаморфизирующими растворами [119, с. 175-192].

1.3. Тектоно-магматическая модель Талнахского рудного узла

Талнахский рудный узел входит в состав Хараелахского рудного района, который является фрагментом Норильско-Хараелахской рудной зоны. В формационном отношении рудный район соответствует области распространения дифференцированных траппов позднепермского – раннетриасового возраста.

Структурная позиция рудного узла определяется приуроченностью его к центриклинальному замыканию раннемезозойских брахисинклинальных складок, наложенных на палеозойские структуры зон глубинных разломов. Внешними структурными ограничениями рудного узла, являются поднятые крылья предтунгусских флексур и осевые линии антиклиналей, поперечные к простиранию зон глубинных разломов (Г.Д. Маслов, 1963, В.А. Люлько, Ю.Н. Амо-

сов, 1973ф, 1975ф). В этой связи никеленосные интрузии вдоль зон глубинных разломов встречаются неравномерно, а группируясь, образуют рудные поля пучкового типа в виде сложных рудномагматических систем с меняющимися свойствами от корневых к фронтальным зонам (Иванкин, 1968, 1971, Е.Н. Суханова, 1971).

Рудным полям соответствуют конкретные системы взаимосвязанных интрузивов, принадлежащих хромистой группе норильской ассоциации, включающей интрузивы норильско-талнахского (рудоносные), круглогорского и нижнеталнахского типов, а также близкие им по петро-геохимическим особенностям слабо дифференцированные и недифференцированные тела [Люлько В.А., Глушницкий О.Т. , 1967, ф, 1993, ф.; Кравцов В.Ф., Седых Ю.Н. Постонен С.М., 1971 ф.; Додин Д.А., 1987, 2002]. В связи с тем, что на площади Талнахского рудного поля расположены крупнейшие месторождения, его принято именовать Талнахским рудным узлом.

Особенностью Талнахского рудного поля (Талнахского рудного узла) является его расположение в узле пересечения Норильско-Хараелахского разлома глубокого заложения (осевого по отношению к Хараелахской мульде) с крупным Водораздельным поперечным разломом, сопровождающим Кайеркан – Пясинскую антиклиналь, сочленяющуюся с Хараелахской мульдой (рис. 1.7,1.8). По мнению группы геологов НИИГА (М.К. Иванов, А.В Тарасов, В.А. Шатков 1971) пространственное положение Талнахского рудных узла определяется приуроченностью его к вулканотектонической структуры, роль которой выполняет Хараелахская мульда. Структуру рудного узла определяют две системы разрывов – северо-восточного и северо-западного простирания. Разрывы в плане конформны бортам Хараелахской мульды и имеют дугообразную форму, в пространстве – это "сферы", комплементарные границам структурных ярусов. Наиболее протяженным и играющим важную роль в формировании структуры ТРУ является Норильско-Хараелахский разлом, который трассируется в приосевой

части Хараелахской мульды (Талнахская синклиналь) в север-северо-восточном направлении на протяжении сотен километров.

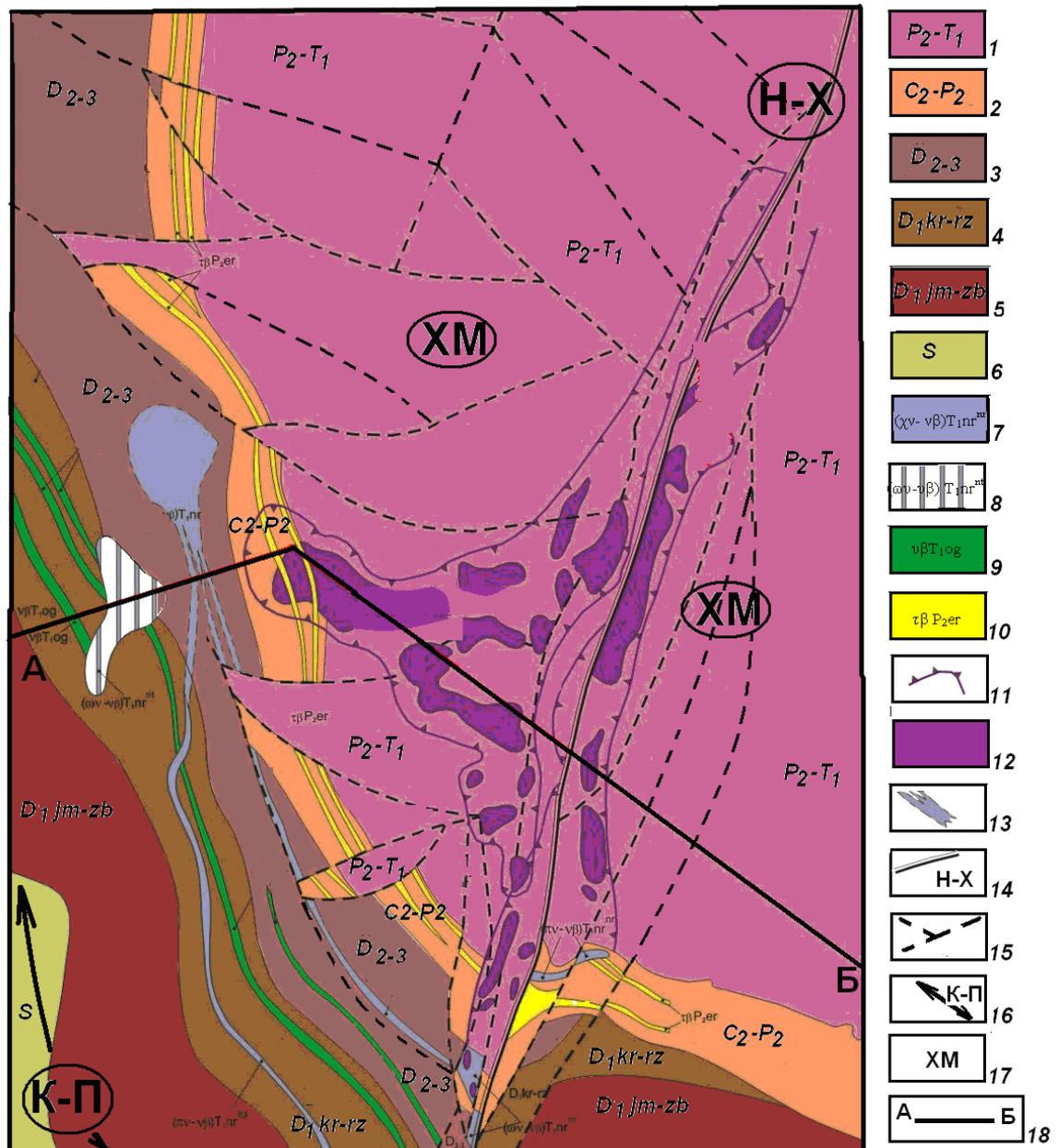


Рис. 1.7. Геологическая карта Талнахского рудного поля (по материалам ПО «Норильскгеология», 2013): 1 – базальты и туфогенные породы толщи (нерасчлененные) ивакинской ($P_2 iv$) - самоедской (T_{1sm}) свит; 2 – терригенно - угленосные отложения тунгусской серии (нерасчлененные); 3 – сульфатно - карбонатные отложения среднего – верхнего девона; 4 – терригенно - карбонатные отложения девона (нерасчлененные); 5 – карбонатные отложения нижнего девона (нерасчлененные); 6 - карбонатные отложения силура; 7 - Норильский интрузивный комплекс, норильский тип ($(\chi\nu-v\beta)T_{1nr}^{nr}$) дифференцированных рудоносных интрузий; 8 – норильский интрузивный комплекс, нижнеталнахский тип ($(\omega\nu-v\beta)T_{1nr}^{nr}$); 9 – Оганерский комплекс ($v\beta T_{1og}$), интрузии долеритов и габбродолеритов; 10 – Ергалахский интрузивный комплекс ($\tau\beta P_{2er}$), трахидолериты; 11 – граница Талнахского и Хараелахского интрузивов по предполагаемому контуру выклинивания пикритовых габбродолеритов; 12 – тела богатых сульфидных медно-никелевых руд в Талнахском и Хараелахском интрузивах; 13 – предполагаемый контур выхода Хараелахского интрузива под рыхлые отложения; 14 – главный шов Норильско-Хараелахского (H-X) разлома; 15 – разломы второго порядка; 16 – К-П – Кайеркан-Пясинское поднятие; 17 – XM –Хараелахская мульда; 18 – линия разреза

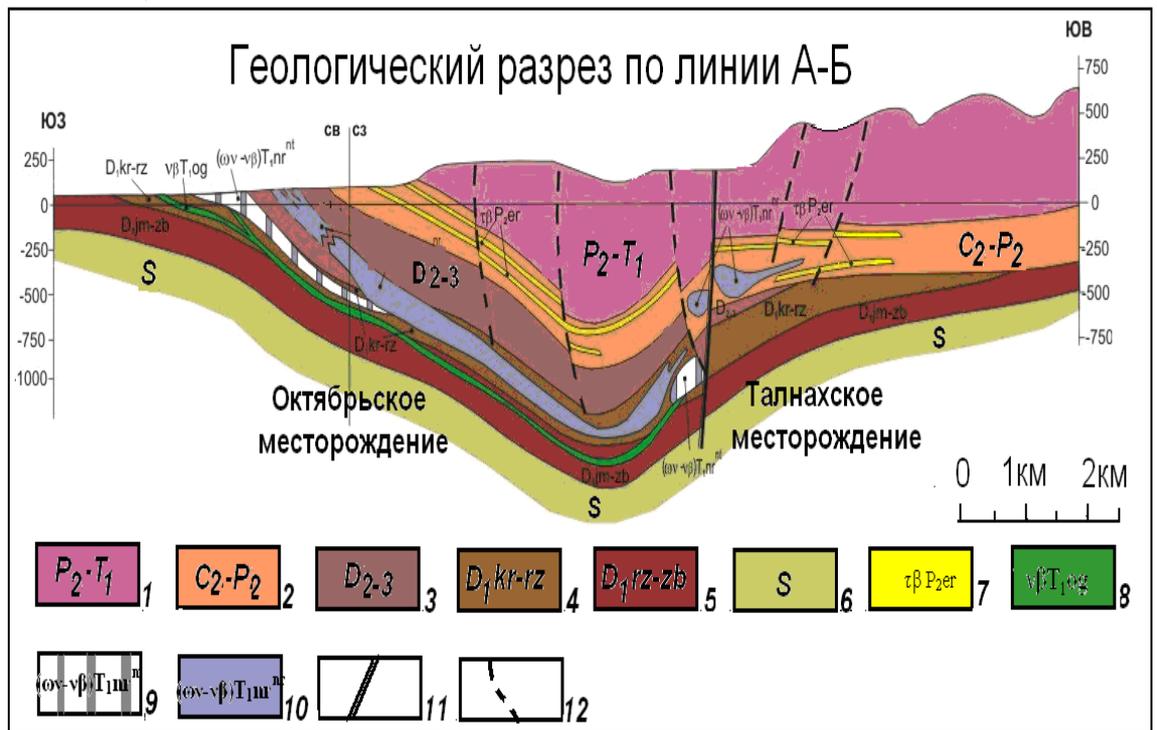


Рис. 1.8. Геологический разрез Талнахского рудного узла (по материалам ПО «Норильскгеология») (условные обозначения на рис. 1.6)

Геологический разрез сложен морскими, лагунно-морскими отложениями нижнего - среднего палеозоя в составе силура-девона, карбонатного, сульфатного, в подчиненном количестве – терригенного и галогенного составов (см. рис. 1.7, 1.8). С незначительным угловым несогласием их перекрывают лагунно-континентальные угленосные осадки тунгусской серии и эффузивы перм-триасового возраста. Породы имеют, в общем, пологое падение под углом 15° в направлении центральных частей Хараелахской мульды.

Интрузивные образования ТРУ относятся к позднепалеозойско – нижнетриасовому тектоно-магматическому циклу и представлены тремя формациями: трахибазитовой, базитовой и ультрабазитовой. Норильский комплекс рудоносных дифференцированных интрузивов включает норильско-талнахский тип рудоносных интрузивов, дифференцированных от измененных габбродолеритов до пикритовых; круглогорский тип лейкократовых и оливиновых габбродолеритов и нижнеталнахский тип интрузивов, дифференцированных от безоливиновых до пикритовых габбродолеритов.

Талнахский рудный узел представляет собой совокупность участков концентрации наиболее дифференцированных трапповых интрузивов повышенной основности.

Все промышленно никеленосные интрузивы норильско-талнахского типа Талнахского рудного узла тяготеют к пересечениям Норильско-Хараелахского разлома центриклинального замыкания Хараелахской мульды (см. рис.1.6, 1.7). Региональные глубинные разломы северо-восточного направления (Норильско-Хараелахский, Тангаралахский) являются магмо- и рудоконтролирующими, а более мелкие структуры, ориентированные практически по нормали к ним являются магмо- и рудоконцентрирующими. Сопоставление локализации мощностей рудоносного интрузива и особенно простирания инвариантных линий максимальных их мощностей и морфоструктурных элементов с осями пликативных структур показывает, что последние были наиболее активными магмоконтролирующими структурами (Тарасов А.В., 1971, с. 150–153.).

Замковые части синклинальных складок являются магмалокализующими. Антиклинальные складки определяют пережимы в интрузивах, наиболее крупные из них ограничивают развитие интрузивов.

Хараелахский интрузив Октябрьского месторождения расположен в западном борту Норильско-Хараелахского разлома и локализуется в отложениях нижне-го-среднего девона опущенного крыла флексурной складки (рис. 1.7), ориентированной по нормали к разлому. Талнахский интрузив, с которым связано одноименное месторождение, приурочен к синклинали нижнедевонского заложения, которая прослеживается вдоль Норильско-Хараелахского разлома. Основная часть Талнахского интрузива, располагается к востоку от разлома (Северо-Восточная ветвь), а его Юго-Западная ветвь – в Центральном грабене в зоне разлома. Талнахский интрузив локализован в терригенных отложениях тунгусской серии.

Геологическим эквивалентом месторождений является полнодифференцированная зона рудоносного интрузива, в разрезе которого присутствуют

пикритовые и такситовые габбродолериты. Сульфидное медно-никелевое оруденение пространственно и генетически связано с дифференцированными интрузиями габбродолеритов норильско-талнахского типа и располагается в их придонной части.

В Талнахском рудном узле установлены два уровня локализации оруденения: один из них, основной, представлен подинтрузивной зоной, второй располагается в надинтрузивной области. В целом многоярусность локализации оруденения является одной из типичных черт строения медно-никелевых рудных районов. Это касается не только норильских месторождений, но и месторождений других регионов мира, таких, например, как Печенгский на Кольском полуострове, Садбери и др.

Одной из важнейших особенностей процесса рудообразования в месторождениях Норильской провинции является развитие минеральной зональности в сплошных рудах. Зональность определяется размещением различных минеральных разновидностей руд и закономерным изменением состава рудных минералов. Выделяются два типа зональности: простая и сложная (Изоитко В.М., 1974; Генкин А.Д., Дистлер В.В., 1981; Дюзиков О.А., Дистлер В.В., 1988). Зональность первого типа (простая) проявляется в составе минералов группы пирротина и пентландита от центра рудных тел к их периферии, выраженном в закономерном увеличении сернистости и никелистости пирротина и в возрастании концентрации никеля в пентландите. Этот тип скрытой расслоенности преобладает в рудных телах Талнахского месторождения. В рудных телах со сложной зональностью скрытая расслоенность проявляется по вертикали и латерали рудных тел в направлении от пирротиновых руд к талнахитовым, т.е. к богатым медью, рудам. В данном направлении сернистость и никелистость пирротина убывают, концентрации никеля в пентландите также уменьшаются. Наибольшее количество зональных рудных тел в горизонте сплошных руд отмечено на Октябрьском месторождении.

Детальное описание геологического строения Талнахского рудного узла

и его рудоносных Хараелахского и Талнахского интрузивов, а также рудоносных зон сульфидных медно-никелевых руд приводится ниже в главах 2, 3, 4, 5, 6.

Особенности норильских месторождений сульфидных медно-никелевых платиносодержащих руд. Норильско-талнахская группа сульфидных медно-никелевых месторождений принципиально отличается от других крупных медно-никелевых месторождений по ряду признаков, основными из которых являются следующие:

1) раннемезозойский возраст внедрения «рудоносных» интрузий не типичен для формирования крупных медно-никелевых месторождений. Так, для месторождений, ассоциирующих с платобазальтовым магматизмом, расположенных в пределах тройного сочленения рифтов, определен возраст: месторождения Норильского района между 251.7 ± 0.5 и 250.2 ± 0.3 млн. лет назад (фанерозой); интрузивные комплексы Дулут, связанные с магматизмом Кивинован, имеют возраст около 1100 млн. лет (неопротерозой);

2) рудовмещающие дифференцированные интрузии характеризуются контрастной «расслоенностью» при сравнительно незначительной мощности интрузивных тел;

3) в окружении «рудоносных» интрузий широко проявлены метаморфогенно-метасоматические процессы, не согласующиеся с мощностями интрузивных тел;

4) структура сульфидных тел характеризуется своеобразной дифференциацией с признаками метасоматических процессов;

5) высокая концентрация элементов платиновой группы (ЭПГ) в сульфидных парагенезисах является феноменальной. Основные запасы Норильского региона (запасы руды 1309,3 млн.т; содержание в руде ЭПГ - 9,5 г/т) сосредоточены, в основном, в Талнахском рудном узле, на площади 8x18 км, по сравнению с площадью Садбери 30x60 км (запасы руды 1648,0 млн.т; содержание в руде ЭПГ – 1,17 г/т) и Бушвельда 280x450 км (запасы руды 11549,5 млн.т; содержание в руде ЭПГ - 5,67 г/т);

6) Октябрьское месторождение Талнахского рудного узла является самым крупным месторождением палладия (75% запасов), содержит 15% запасов платины и существенную долю запасов серебра и золота России;

7) минеральный состав норильских руд имеет сходство с рудами других медно-никелевых месторождений мира, но значительно отличается от них необычайно большим числом слагающих руды минеральных видов (425) и широкими вариациями их химического состава.

Глава 2. Геолого-геохимическая модель Талнахского рудного узла и ее иерархическое строение

Одной из главных задач геохимии является выяснение закономерностей распределения и поведения редких элементов на различных стадиях эндогенного процесса. В основе геохимического подхода к изучению тех или иных образований лежит концепция большой чувствительности редких и рассеянных элементов к изменению условий, чем и определяется их индикаторная роль и возможность использования для реставрации физико-химических палеоструктур и формирования рудных объектов.

2.1. Фактический материал и методы исследований

Практически весь трудовой путь автора связан с изучением Талнахских месторождений, а более половины его с геохимическими исследованиями. Работа основана на фактическом материале, собранном и проанализированном автором за период с 1975 по 2002 годы, полученным в ходе геологоразведочных работ, проводимых Норильской комплексной геологоразведочной экспедицией, в которых автор принимала непосредственное участие, ею было задокументировано более 50 000 пог. м керна скважин с отбором литохимических проб. В составе группы, осуществляемой подсчет запасов Октябрьского месторождения, занималась документацией рудного керна, составлением схем технологического опробования различных минеральных типов руд и подготовкой аналитических данных для разработки кондиций. В диссертационной работе использованы анализы 31000 литохимических проб, отобранных из керна 150 скважин, пробуренных на территории Талнахского рудного узла и его флангов (на схемах и разрезах приведены только опорные скважины) (рис. 2.1).

Аналитические работы. Геохимическая изученность района равномерна, соответствует масштабу 1:25000 и достигает глубин 2000-3000 м. Выделение первичных ореолов производилось путем литохимического опробования керна скважин. В соответствии с «Инструкцией по геохимическим методам поисков рудных месторождений 1983 г». Опробования керна буровых скважин осу-

ществлялось методом пунктирной борозды, т. е. путем точечной отбойки сколков керна размером 3-4 см на одинаковом расстоянии друг от друга. Интервал опробования в среднем составил 5 м. При этом все разновидности пород и их измененные вторичными процессами разности опробовались отдельно. Материалом, необходимым для проведения работ являлись литохимические пробы сухие, истертые до 200 меш (0,074 мкм) весом 25 - 50 г.



Рис. 2.1. Схема фактического материала (указаны только опорные скважины): 1 – границы рудоносных интрузивов; 2 – Главный шов Норильско-Хараелахского разлома; 3 – разломы: Т- Тангарахский; О-Д – Осевой - Дьангинский; 4 - скважины

Обработка и анализ проб производилось в комплексной химической лаборатории НКГРЭ в полном соответствии с требованиями с инструкцией по геохимическим методам поисков. Основная масса проб анализировалась эмиссионным методом в лаборатории Норильской комплексной геологоразведочной экспедиции. Каждая из 31 000 литохимических проб анализировалась на 22 элемента: Cu, Ni, Co, Cr, Pb, Zn, Ag, Mo, Zr, Ti, V, Y, Yb, Ba, Sr, Mn, P, Sc, Ga, Sn, La, Li.

Анализ проводился методом приближенно-количественного спектральным (ПКСА) способом просыпки-вдувания для геохимических проб, приближенно-количественным спектральным способом испарения из канала электрода для рудных проб. Для ПКСА способом просыпки-вдувания применялся спектрограф СТЭ-1 и п/а штатива УСА-6, для ПКСА способом испарения из канала электролиза – спектрограф СТЭ-1, укомплектованный МАЭС (многоканальный анализатор эмиссионных спектров). Пределы обнаружения химических элементов в лаборатории ПО «Норильскгеология» приводятся в таблице 1.

Таблица 2. 1

Пределы обнаружения элементов в химической лаборатории
ПО «Норильскгеология» ($n \times 10^{-3}$, вес. %)

Химический элемент	Предел обнаружения	Химический элемент	Предел обнаружения	Химический элемент	Предел обнаружения
Калий	300	Цирконий	1	Марганец	3
Барий	1	Скандий	2	Стронций	8
Медь	0,3	Олово	0,8	Галлий	0,3
Никель	0,3	Свинец	0,8	Литий	1
Кобальт	0,3	Цинк	3	Бериллий	0,2
Хром	1	Молибден	0,1	Иттрий	1
Титан	3	Серебро	0,01	Иттербий	0,3
Ванадий	1	Фосфор	200	Вольфрам	0,3

Для контроля воспроизводимости анализов в лабораторию ПГО «Красноярскгеология» отправлялись зашифрованные выборки одной и той же партии проб. Для ориентировки лаборатории указывался вид и литологический состав проб. По результатам контрольного анализа упомянутой «Инструкции...»

вычислены величины средних систематических ($S_{\text{сист.}} = 0,9-1,1$) и случайных ($S_{\text{случ.}} = 2$) погрешностей анализа. Данные приведены в таблице 2.

Таблица 2.2

Значение систематических и случайных погрешностей определения состава химических элементов

Элемент	Сист.	Случ.	Элемент	Сист.	Случ.	Элемент	Сист.	Случ.
Ba	1.13	1.04	Ti	0.98	1.4	Zn	1.08	1.17
Cu	1.10	1.30	V	0.92	1.05	Mo	1.3	1.3
Ni	1.15	1.34	Zr	0.88	1.27	Ag	1.01	1.5
Co	1.04	1.08	Sc	0.83	1.08	Be	1.08	1.07
Cr	1.28	1.5	Sn	0.95	1.2	Y	0.84	1.45
						Pb	0.98	1.23

По единичным скважинам коренные породы послойно анализированы силикатным и количественным спектральным анализом.

В работе использованы, приведенные в монографии В.В. Рябова «Магматические образования Норильского района», результаты исследований, выполненные в лабораториях Аналитического центра ОИГТМ РАН (г. Новосибирск), в которой определялись: рентгенофлуоресцентным анализом породообразующие оксиды и Ba (масс.%) (840 анализов); атомно-абсорбционным методом содержания Cu, Ni, Co, Pb, Zn, Pt, Pd, Rh, Ru, Au, Ag, Sr, Cr, V, Ba (г/т) (1850 анализов); химическим – частично породообразующие оксиды (масс.%) (1850 анализов); рентгеноспектральным (прибор Camebax-Micro) - минералообразующие и примесные оксиды (масс.%) (4850 анализов) (аналитики Аксенова Н.Я., Арженкова П.Н., Глухова Н.М., Голованова Н.П., Зоркина Л.С., Иванченко И.Ю., Ильина В.Н., Козырева Н.Л., Коковкина Е.В., Марченко Г.М., Перцева А.П., Фоминых И.М., Хмельникова О.С., Цимбалист В.Г.). Химический состав метаморфических, метасоматических и магматических пород (1200 анализов) заимствован из опубликованной монографии Д.М. Туровцева «Контактный метаморфизм норильских интрузий». Аналитические работы проводились методом рентгеновского микроанализа (масс.%) в

ИГЭМ РАН на микроанализаторах «Самеса» и «Самебах» (аналитики Голованова Т.И., Лапутина И.П., Муравицкая Г.Н.). Результаты изотопных анализов ($^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$) в количестве 84 и 138 анализов (Rb, Sr, Ba, Zr, Sm, Ia, Yb, Y), выполненные в лабораториях Канады и США, привлекались из опубликованных материалов Naldrett и Czamanske, а также и в монографии «Изотопная геология норильских месторождений» (Адамская Е.В., Бадинова В.П. и др., 2016).

Компьютерная обработка результатов анализов. Метод статистический. Согласно опыту ранее проводимых работ в Норильском районе число наиболее информативных элементов – 14. При статистической обработке базы данных рассчитывались средние, минимальные, максимальные содержания, среднее стандартное отклонение, а также закон распределения микроэлементов. Предварительно была произведена чистка выборок, установление причин проявления резко выделяющихся по значению содержания элементов.

Метод кластерного анализа. При решении задачи по диагностики интрузивных образований применялся анализ многомерных геохимических наблюдений методами классификации и распознавания. Из совокупности наблюдений выделились однородные группы – классы, объединяющие образы объектов предположительно общей природы. Для каждого выделенного класса была рассчитана корреляционная матрица, отражающая структуры корреляционных связей между элементами и их ассоциациями. Машинная обработка базы данных производилась на ИВЦ НКГРЭ с использованием пакета прикладных программ анализа многомерных наблюдений (ППП АНМА) Всесоюзного Научно - Исследовательского института разведочной геофизики (ВИРГ). Для получения информации был создан банк данных в объеме 542 проб. В результате проведенных работ были выделены комплексы интрузивных образований, типы интрузий и петрографические разности в них.

Метод факторного анализа (метод «главных компонент»). Для диагностики интрузивных образований, определения их типовой принадлежности, а также установления существенных связей между химическими элементами, изучения закономерностей геохимической изменчивости в данных породах

применялся метод регрессивного факторного анализа. При этом использовался метод главных компонент.

2.2. Моделирование полиэлементной структуры геохимических полей геологических образований Талнахского рудного узла

Для моделирования полиэлементной структуры геохимического поля (ГХП) в поисковых целях был применен метод многомерных полей. Обработка геохимических данных производилась с применением пакета программ автоматизированной системы «ГЕОСКАН» (Коган Б.С., 1989, 1996). Указанный метод обработки геолого-геохимической информации дает возможность анализировать закономерности распределения химических элементов в природных системах, т.е. на количественной основе выявлять геохимические типы ореолов, обусловленные как многоэтапностью формирования месторождений, так и наличием различных типов минерализации, и позволяет подойти к решению проблемы геолого-геохимического прогнозирования [57, 58]. Отличительной особенностью системы «ГЕОСКАН» является ее относительная иммунитетность к качеству исходной информации, т.е. способность обрабатывать материалы, отличающиеся наборами элементов, точностью и чувствительностью различных лабораторий. Система учитывает следующие особенности исходной геохимической информации: пространственный характер геохимических определений; сильную, различной природы (в том числе аналитическую) неоднородность изучаемых совокупностей, что особенно важно, когда пробы анализируются в течение значительного временного отрезка разными лабораториями, отличающихся точностью и чувствительностью; дискретный характер результатов наиболее распространенного полуколичественного спектрального анализа. Основной задачей обработки геохимических данных является установление такой интегральной функции от координат, которая бы наиболее контрастно изменялась по мере приближения к рудному объекту. В системе «ГЕОСКАН» под пространственной переменной понимается неслучайная зависимость элементов от координат геохимического поля. Функции инвариантны относительно количе-

ства переменных (химических элементов), шага сети опробования, а также не зависят от точности и чувствительности определений различных лабораторий. Выделение комплексных геохимических аномалий, а также установление некоторых критериев их оценки, зависит от корректного определения параметров многомерного геохимического фона геологических образований. Для определения параметров многомерного фона в системе вводится понятие «минимального вектора», компоненты которого служат в дальнейшем начальными нормирующими коэффициентами соответствующих химических элементов. Для этого в исследуемой совокупности данных отыскивается такое множество проб, которое удовлетворяло бы следующим условиям: 1) углы между векторами содержаний элементов в признаковом пространстве должны быть достаточно малы ($\leq \alpha_0$); 2) модуль вектора средних содержаний не должен превышать некоторой пороговой величины ($\leq |\overline{X_0}|$); 3) коэффициенты вариаций и значений концентраций всех элементов выбранного множества проб не должны превышать $V \sim 0,5$. Параметры α_0 и $\overline{X_0}$ определяются автоматически, исходя из данных конкретно обрабатываемого массива. По найденному таким образом множеству проб рассчитываются компоненты «минимального вектора» $\overline{C_0}$. В частном случае это множество может быть и пустым и тогда в качестве «минимального вектора» целесообразно использовать значения кларков соответствующих элементов. Компоненты «минимального вектора» представляют собой осредненные значения концентраций элементов по пробам образований, не связанных с рудогенезом, и содержащих минимальные (одновременно низкие) концентрации элементов-примесей. Коэффициент концентрации (K_k) определяется как отношение содержания элемента (C_i) данного химического элемента в пробах горных породах и руд к его «минимальному вектору» (фоновому содержанию). За фоновые содержания принимаются средние содержания элементов в неизмененных породах.

На последующих итерациях счета параметры фонов уточняются дифференцированно для всех геохимически различающихся на карте образований.

Первая задача - выделение фоновых и аномальных областей - решается путем расчета в каждой точке равномерной сети функции $SCAN(p, q)$, нелинейно возрастающей по мере приближения к эпицентру ореола. Значения функции $SCAN(p, q)$ определяются как интенсивностью значений концентраций, так и координированностью элементов в окрестности точки (p, q) . Под интенсивностью понимается некоторое обобщенное расстояние в признаковом пространстве от вектора концентраций \bar{C} в т. (p, q) до соответствующего нормирующего вектора C_0 . Степень координированности определяется числом элементов с близкими направлениями градиентов аппроксимирующих функций.

Фоновые выборки, соответствующие небольшим значениям функции $SCAN$, характеризуются низкими содержаниями элементов и малыми значениями их коэффициентов вариаций.

Для выделения на карте геохимически различных образований (в том числе и на уровнях «фона») в системе «ГЕОСКАН» служит функция $TURP$, называемая функцией согласования (функцией принадлежности или просто «типом»), и которая является центром класса схожих геохимических ассоциаций, связанных с определенным типом пород, фаций оруденения или иными ореольными продуктами рудообразующего процесса.

Ввиду того, что результатам полуколичественного спектрального анализа присущи значительные ошибки определения были проранжированы все нормированные векторы концентраций, в результате чего было получено множество ранжировок, определенных на узлах равномерной сети. В пространственной модели выделяются связанные области геохимического поля, характеризующиеся близостью структуры ранжировок. Полученные данные представлены в порядковой шкале.

На первой итерации «ГЕОСКАН» выдается совмещенная карта фоновых и аномальных областей. На одной карте автоматически отражены области различных фоновых значений, приуроченных к соответствующим геологическим

образованиям. Для контроля в каждой фоновой выборке рассчитываются все основные статистики. На следующей итерации все данные автоматически перенормируются на уточненные значения фонов соответствующих областей. После повторного расчета функций *SCAN* и *TYPE*, система печатает состав всех выделенных типов и гистограмму распределения функции *SCAN* в символах *TYPE*. Кроме того, строится карта функций *SCAN* - геохимическая основа прогнозной карты, отображающая структуру геохимического поля. Различными символами в соответствии с выделенными типами изображаются разнородные фоновые области, аномалии и ореолы переходных областей, которые, в частном случае, могут быть связаны с зонами рассеянной рудной минерализации. Для каждой области рассчитываются основные статистики и граф связей, в качестве первой характеристики геохимических ассоциаций элементов. В ореолах зона рассеянной минерализации при обработке данных содержит большое количество элементов, концентрации которых превышают фоновые значения, хотя пространственное распределение их не координировано. Собственно же аномалии рудогенной природы могут быть выражены типоморфным набором элементов меньшего спектра. Таким образом, в таблицах соответствующих аномальных областей, представлены типоморфные элементы (коэффициенты концентраций элементов > 1), и элементы выноса (коэффициенты концентраций < 1), а также элементы индифферентные ($K_k \approx 1$). Сканирующие алгоритмы системы «ГЕО-СКАН» позволяют выделять разнородные фоновые области, в которых различия между средними содержаниями соответствующих элементов могут быть незначительными, однако эти области примерно совпадают с областями конкретных геологических образований или геохимических фаций ландшафта.

В аномальных же областях всегда закономерно возрастают концентрации нескольких элементов. Границы же фоновых областей всегда будут пространственно несмещенными при согласовании карт, построенных по различным наборам элементов (в области фона принципиально не происходит концентрирования никаких элементов). Следовательно, на прогнозной карте отражена еди-

ная структура ГХП, а различные аномалии могут быть сопоставлены по коэффициентам концентраций соответствующих элементов с учетом геологических соображений.

Методика интерпретации многомерных геохимических карт состоит в том, что полученные классы ранжированных рядов объединяются в группы, в каждой из которых выделяются ассоциации химических элементов. Соответствующие им поля связываются с теми или иными горными породами, относящимся к рудным, или объясняются другими причинами (гипергенными аномалиями, загрязнение окружающей среды и т. п.). Карты ассоциаций используются: 1) для выделения и оконтуривания рудных районов, зон, месторождений, определения их формационной принадлежности и выявления типов минерализации; 2) установления закономерностей пространственного размещения месторождений и некоторых структурных особенностей пространства; 3) выяснение условий формирования, морфологии, структуры, горизонтальной и вертикальной зональности рудных объектов.

Как уже отмечалось ранее, для моделирования полиэлементной структуры геохимического поля (ГХП) в поисковых целях был применен метод многомерных полей. Обработка геохимических данных производилась с применением пакета программ автоматизированной системы «ГЕОСКАН», позволяющей моделировать полиэлементную структуру геохимического поля в поисковых целях.

Геохимическая эквивалентность разноранговым минерагеническим системам выражается в иерархическом строении геохимических полей, поскольку она отражает унаследованность процессов перераспределения микроэлементов вещества в ходе организации рудного объекта. Предложено иерархическое строение геохимических полей со следующей соподчиненностью: геохимическое поле (ГХП) → геохимический тип (ГХТ) ореолов → геохимическая ассоциация (ГХА). В области ГХТ выделены поля с фоновым содержанием микроэлементов ($0.5 < K_k = < 1.5$), зона рассеянной минерализации ($1.5 < K_k = < 3.0$),

аномалия ($K_k = > 3.0$). В строении ГХА выделены «зона привноса» ($K_k = > 1.5$) и «зона выноса» ($K_k = < 0,5$), которые характеризуют альтернативные процессы привноса и выноса химических элементов, а также «индифферентная зона» ($0.5 < K_k = < 1.5$). Выделяемые в структуре ГХТ геохимические поля с фоновым содержанием микроэлементов, поля рассеяния и геохимические поля концентрирования микроэлементов, отображают различные уровни организации вещества.

Геолого-геохимическая модель рудного узла представляет собой обобщенный образ качественно, структурно и количественно определенной композиции геохимического поля объектов геологических подсистем. Понятие «геохимическое поле» трактуется по-разному. Под понятием **геохимического поля (ГХП)** понимается область пространства, каждой точке которого поставлен в соответствие ряд концентраций химических элементов, аналитически определенных в данной точке [56, 57]. Геохимическое поле – «геохимически (а, как правило, и геологически) однородная область – природный объект или его часть, отличающуюся пространственным накоплением какой-либо группы или ассоциации элементов» (Ферсман А. Е., 1940). По определению Таусона Л. В. «под геохимическим полем месторождения понимается геохимически однородная область – природный объект или его часть, отличающуюся пространственным накоплением какой-либо группы или ассоциации элементов» (Таусон Л. В., 1983, с. 5-18). Наиболее приемлемым к данной работе определением геохимического поля автор считает формулировку Кременецкого А. А.: «*геохимическое поле* – часть земного пространства, характеризуемого количественными содержаниями химических элементов или их соединений, как функции пространственных координат и времени» (Кременецкий, 2008, с. 5). Весьма важной, характерной особенностью для каждого типа месторождений отмечается общая закономерность – совмещенность геохимических полей интенсивного, среднего и низкого концентрирования элементов индикаторов и элементов спутников оруденения (Додин Д. А., 2002, с. 416-419; Таусон Л. В., 1983, с. 5-18).

Для изучения пространственных закономерностей геохимического поля анализировалась внутренняя неоднородность геохимического поля, обусловленная выделения в нем областей с различными уровнями концентрирования микроэлементов. Продуктивность геохимических ореолов в коренных породах рассчитана в соответствии с фоновым содержанием в них микроэлементов.

Основными компонентами структуры геохимического поля различной типовой принадлежности являются области **фона и аномалий**, что соответствует неоднородностям двух типов. Первого – петрохимического, связанного с различием фонов микроэлементов в породах разного состава, и второго – связанного с дифференцированным концентрированием микроэлементов. Под **аномалией** понимается элемент пространственной структуры ГХП, который характеризуется согласованным (координированным) поведением ряда элементов при одновременном возрастании их концентраций. Под зональностью комплексного геохимического поля понимается закономерная пространственная смена аномальных ассоциаций (или же ассоциаций различно специализированных геохимических типов).

Под областью многомерного **геохимического фона** понимается область пространства, каждой точке которого соответствуют одновременно низкие и взаимонезависимые концентрации химических элементов. Геохимическая специализация определяется положением первых элементов в ранжированном ряду геохимических ассоциаций микроэлементов. Области фона различно специализированных геохимических типов различаются между собой типом ассоциаций, что и подтверждается петрохимическими особенностями пород. Было принято, если содержание элемента в породе повышено (по сравнению с фоном) ($K_k \geq 1,25$) и его положение в ранжированном ряду элементов, слагающих геохимический ореол (ГХО), является главенствующим, то породы определяются как геохимически специализированные на данный элемент. Геохимическая специализация является основой для моделирования геохимической зонально-

сти и способствует выявлению прогнозируемых, ранее не известных на исследуемой территории рудных формаций (Гущин, Гусев, 2015).

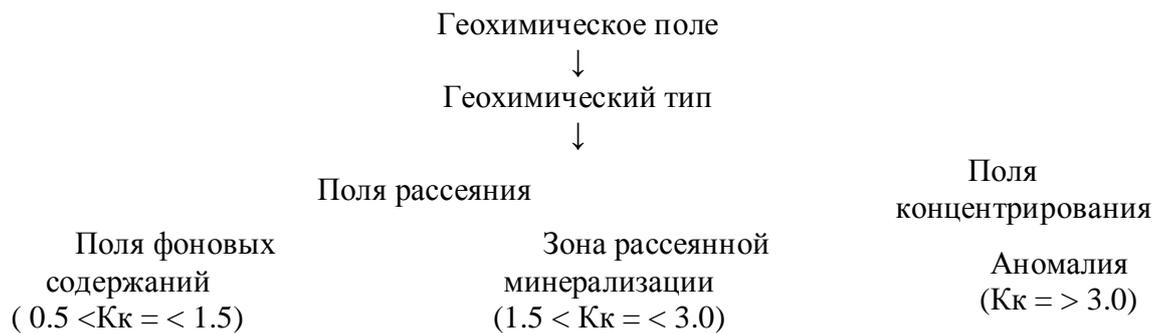
В структуре ГХП так же выделены области **рассеянной минерализации** (ЗРМ), для которых характерны пространственно несогласованное возрастание концентраций отдельных микроэлементов, связанное с развитием рассеянной рудной минерализации, а сами эти области часто оказываются сопряженными с аномалиями. Включение ЗРМ в контур геохимического поля, позволяет анализировать не только контрастные центральные представленные аномалиями части, но и слабопроявленные фланги геохимического поля, где происходит затухание организующих процессов. Структура комплексных геохимических полей определяется выделением в нем ореолов различных геохимических типов, внутри которых выделяются области с различным уровнем концентрирования элементов.

Средствами отображения многоуровневого строения модели являются геохимические типы. Понятие **геохимического типа (ГХТ)** определено как мера неоднородности относительно однородных участков среды. Иными словами, ГХТ является центром классов схожих геохимических ассоциаций, связанных с определенным типом пород, фаций оруденения или иными ореольными продуктами рудообразующего процесса. По определению Таусона Л.В. под геохимическим типом геологических образований понимается группа пород, отличающихся общностью способа образования и геологического положения, что может проявляться в близости химического и минерального состава и формировании сходных рудно-магматических комплексов в различные периоды геологической истории (Таусон Л. В., 1983, с. 5-18]. Различно специализированные геохимические типы характеризуются различными устойчивыми геохимическими ассоциациями микроэлементов и устанавливают меру сходства и различия этих коллективов.

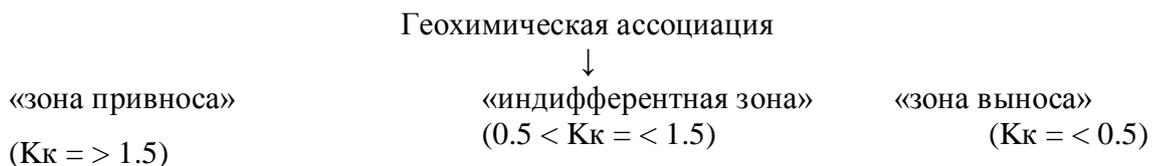
Под **геохимической ассоциацией (ГХА)** понимается ранжированный ряд элементов со значениями концентраций, отличных от минимальных нормирующих (например, средние содержания «по коре») в соотношениях, характерных для

«межпородных» различий. Выделение типов ГХА способствует установлению различных типов пород, зон метаморфических изменений и отражает генетическую сущность явлений (Шиманский А. А., 1983, с. 69-75). Границы ГХТ достаточно удовлетворительно совпадают с границами конкретных геологических образований. Если координированное поведение элементов в пространстве есть следствие воздействия организующих рудогенных процессов гипер-терма- или эндогенной природы, то ассоциации, специфичные для каждого типа, могут рассматриваться в качестве пространственного признака протекания этих процессов. Таким образом, структура геохимического поля определяется выделением полей различных геохимических типов, внутри которых выделяются области (ореолы) с различным уровнем концентрирования микроэлементов.

Внутренне строение геохимического типа представлено следующей схемой:



Каждая из данных областей представлена определенной геохимической ассоциацией, в которой микроэлементы проявляют антагонистические или родственные свойства по отношению друг к другу. В строении ранжированного ряда ГХА наблюдается внутренняя неоднородность, обусловленная выделениями трех областей, условно названными «зонами»:

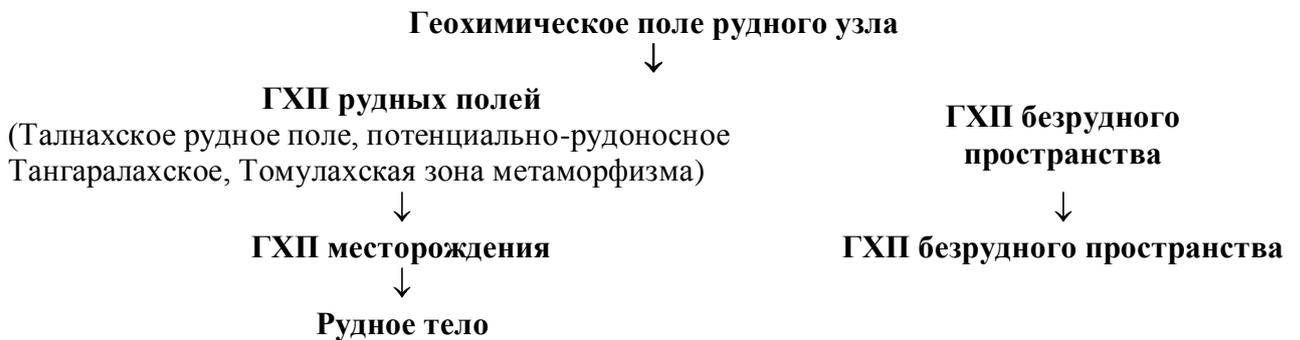


Полярное строение рядов зональности ГХА, слагающих геохимические ореолы различной типовой специализации, показывает четко выраженное ассоциативное поведение МЭ. В данном случае парагенетические ассоциации элементов являются не просто фрагментами ранжированного ряда, но образуют «жесткие» корреляционные ядра, характеризующие альтернативные процессы направленного переноса вещества или к центру или к периферии, т. е. отображают сонаправленное изменение содержания микроэлементов (Баранов Э. Н., 1998, с. 16-19). Полярная зональность ГХП позволяет использовать в практике геохимических поисков коренных сульфидных медно-никелевых месторождений не только традиционные рудогенные микроэлементы-индикаторы (Cu, Ni, Co, Ag), но и другие микроэлементы (Ba, Cr, Ti, V, Zr, Y, Yb, Mo, Be, Sn, Sc, Ga, Mn, Sr, P, Li, La), перераспределение которых в ходе геологических процессов более масштабно.

Метод построения геолого-геохимической модели был основан на системном подходе при изучении взаимозависимого пространственного поведения микроэлементов, вызванного воздействием разноранговых геологических явлений. Площадным эквивалентом обобщенных уровней состояния системы является естественная иерархия геохимического поля. Формальные термины зона рассеянной минерализации (ЗРМ), аномалия, фон соответствуют обобщенным уровням энергетических состояний системы ГХП. При этом наиболее низкоэнергетический уровень соответствует самому старшему таксону, выявленному в масштабе работ. И, соответственно, наиболее высокоэнергетический уровень – самому младшему таксону. Каждый из этих уровней организации вещества имеет свою геохимическую зональность, построенную на едином механизме выноса – привноса микроэлементов.

Во внутренней структуре эталонной геолого-геохимической модели выделяется разноранговая иерархия. Предлагаемая модель Талнахского рудного узла имеет трехуровневое строение и представляет собой суммарные модели, состоящие из субмоделей более низкого ранга, которые являются подсистемой

(субмоделью) по отношению к моделям рудных узлов: рудный узел → место-рождение → рудное тело.



Предлагаемый метод построения геолого-геохимической модели основан на системном подходе при изучении взаимозависимого пространственного поведения химических элементов, вызванного воздействием разноранговых и разновременных геологических явлений. Отображением данного воздействия является количественные и качественные изменения зон привноса и выноса ГХА. Поскольку рудогенез можно рассматривать как процесс геохимической самоорганизации с синхронным образованием руд и комплексных ореолов в околорудном пространстве, то взаимозависимое поведение элементов в зональной структуре ореолов содержит информацию о типе оруденения и условиях его формирования (Баранов Э. Н., 1998; Бородаевская, А. М., 1987; Буганец А. Н., 1976; Бурков Ю. К., 1974; Григорян С. В. 1977; Григоров, С. А. 1990, 2007, 2009; Гуцин А. В., Гусев Г. С. 2015; Кравцова, Р. Г., 2010; Кременецкий А. А., 2004, 2008; Соловьев А. П., 1985; Соколов С. В., 1998 и др.). Опыт предшествующих геохимических исследований дает возможность увязать особенности свойств объектов различных типов геохимической специализации с пространственным положением геологических объектов (Бурков Ю. К., 1974, Генкин А. Д., Дистлер В. В., Гладышев Г. Д., 1981, Додин Д. А., Иванов М. К., Иванова Т. К., Тарасов А. В., Шатков В. А., Кузьмин Е. Е., Лихачев А. П., Мирошникова Л. К., Певзнер В. С., Разгонов О. П., Рябов В. В., Таусон Л. В., Туровцев Д. М., Федоренко В. А., Шиманский А. А., Юдина В. В. и др.).

В комплексном геохимическом поле ореола Талнахского рудного узла выделяется девять типов геохимических полей первичных ореолов различной геохимической специализации. В ходе геохимического исследования коренных пород разреза Талнахского рудного узла рассматривалось распределение 24 химических элементов. В зависимости от поставленной задачи, каждый из элементов может рассматриваться как ореолообразующий и формирующий как положительные, так и отрицательные аномалии. Но ввиду того, что распределение ореолов многих элементов крайне дискретно и их размеры очень малы, практическое применение нашли только ореолы девяти типов геохимической специализации. Модели различно геохимически специализированных типов ореолов, внутри которых наблюдается зональность, представлены в таблицах 2.3 - 2.12 и рассматриваются ниже по тексту. Геолого-геохимический разрез, на котором геохимическая специализация пород представлена ранжированными рядами геохимических ассоциаций приведена на рис. 2.3. Схемы геохимических полей различных стратифицированных подразделений и геолого-геохимический разрез Октябрьского месторождения приводятся в Приложениях 10-19 (рис. 1-9).

Анализ структуры ГХП позволил проследить последовательность преобразования первичного состояния ореолов с рассеянным содержанием элементов до их сосредоточения в аномальных концентрациях. Проведена разбраковка аномалий рудогенных микроэлементов в зависимости от их количества и состава в различных интрузивах и установлена их генетическая природа, а также приуроченность аномалий к структурно-тектоническим элементам площади. В отдельных случаях рассматривалась величина коэффициента минерализации (K_m), который представляет произведение нормированного по фону среднего содержания элемента на количество аномальных проб, деленное на общее количество проб по исследуемому сечению.

Рассчитанные графы связи отражают структуры корреляционных связей между элементами и их ассоциациями. Применение ранжированных рядов вариации

коэффициентов концентрации (K_k) использовалось для установления зональности в рангах Харелахской мульды, Талнахского рудного узла, месторождения и рудоносных зон.

Глубина, м	Литология	Свита	Характеристика пород	Ранжированные ряды геохимических ассоциаций	
1560.0-1638.7		Тунгусская серия С ₂ -Р ₂	Алевролиты, песчаники, аргиллиты с прослоями углей и углистых аргиллитов	1.9Zr-1.0Ba-1.0Ti-1.0Mn	
1645.0			Роговик	1.4Ba-1.0Mo-1.0Sr	
1697.7	L		Долерит	3.5Zr-3.4Mo-1.6Y-1.3Ti	
1745.2		Тунгусская серия С ₂ -Р ₂	Алевролиты, песчаники, аргиллиты с sillами долеритов	2.5Zr-1.4Mn-1.4Ba-1.2Mo-1.2Ti	
1821.9		Мантуровская свита D ₂ mt	Брекчии карбонатные, мергели	1.9Ba-1.7Cr-1.0Sr-1.0Ti	
			Доломиты, мергели, ангидриты с горизонтами каменной соли	1.0Sr-1.0Mn-0.8Cu	
1945.9	Г- v		Габбродолерит измененный	1.3Zn-1.3Mo-1.3Pb	
1982.7			Ангидриты, доломиты, мергели	1.0Sr	
2180.4			Мергели пестроцветные с желваками ангидритов	2.8Ba-1.9Sr-0.8Mo-0.8Cu	
			Ангидриты, доломиты	1.4Ba-0.9Sr-0.9Zr-0.9Mo	
2263.5			Мергели пестроцветные	0.9Sr-0.8Mn	
2324.5			Мергели пестроцветные с линзами и прослоями черных аргиллитов, ожелезненные алевролиты с линзами песчаников	1.6Mn-1.3Zr-1.3Y-1.0Cr-1.0Ti-1.0Mo	
2453.3			Развелоцинская свита D ₁ zr	Аргиллиты пестроцветные фосфоритовые с линзами и прослоями доломитов и известняков в кровле, линзами фосфоритов гравелитов и песчаников в основании свиты, с прослоями доломитов	2.0V-1.2Cr-1.0Mo-0.8Zr-0.8Ti-0.8Co
2704.0				Аргиллиты с прослоями доломитов	1.2Cr-1.2Ni-1.1Co-1.0Cu-1.0V-1.0Ti
2732.0		Курейская свита D ₁ kr	Аргиллиты с прослоями доломитов	1.0V-1.0Ti	

Рис. 2.3 . Геолого – геохимический разрез составленный по скважине, расположенной за пределами влияния рудоносных интрузий

Геохимический ореол специализированный на стронций. Толща осадочных отложений, сформировавшихся в условиях нестабильного морского режима в интервале геологического времени от кембрия до верхнего девона в целом специализирована на стронций. Высококонтрастные аномалии Sr отме-

чаются во внешних и промежуточных зонах контактовых ореолов рудоносных интрузий (табл. 2.3).

Геохимический ореол специализированный на марганец. Имеет локальное распределение в осадочной толще карбонатных пород верхнего девона. Границы развития ореолов данного ГХТ совпадают с границами зоны фациальной смены разреза сульфатно-карбонатных пород девона на существенно карбонатный с примесью терригенной составляющей. Аномалии данного ГХТ приурочены к зонам дробления в разломах (табл. 2.4).

Геохимический ореол специализированный на цирконий. Терригенные глинистые породы нижнего девона и угленасыщенные алюмосиликатные терригенные породы тунгусской серии карбона – перми, формирование которых происходило в континентальных условиях, специализированы на цирконий. Переход между ореолами Sr и Zr резкий. Породы девона отрицательно специализированы на цирконий, а тунгусской серии - на стронций. В кварц-полевошпатовых роговиках контактового ореола рудоносного интрузива и кварцсодержащих диоритах его верхней эндоконтактной зоны отмечаются аномалии циркония (табл. 2.5).

Геохимические ореолы специализированные на титан. Характерны для интрузивных и эффузивных образований поздней перми, особенно для титан-авгитовых базальтов и долеритов. Маркируют экзо- и эндоконтактные зоны рудоносных интрузивов и породы их контактовых ореолов с магнетитовой и пиритовой вкрапленностью (табл. 2.6).

Геохимические ореолы специализированные на молибден, иттрий, иттербий, бериллий. Выделяются в скарнированных породах (кальцит-скаполитовые и альбит-скаполитовые скарны, грейзениты) зон разломов, которые сложены скарнирования сложенных тектонических нарушений. Во внешних зонах контактовых ореолов рудоносных интрузий, локализованных в терригенных отложениях тунгусской серии, наблюдаются области фона и аномалий Mo в ассоциации с Pb, Zn, Zr (табл. 2.7).

Таблица 2.3

Модель геохимического поля специализированного на стронций

ГХТ	Об- ласть орео- ла	n	Формула геохимической ас- социации		Геологические условия образования первичных ореолов
			Кк =	МЭ	
1	2	3	4	5	6
Стронциевый	фон	233	1.1	Sr	Доломиты, известняки, мергели, доломитизиро- ванные мергели, глинистые доломиты верхнего девона (<i>D₃ kl</i>); галогено-карбонатно - мергелевые отложения мантуровской свиты (<i>D₂ mt</i>): мергели доломитовые и доломиты с ангидритами, гипсами, галитом
			0.8	Mn, Cu, Mo	
	Зона рассеянной минера- лизации	167	2.3	Sr	Доломиты, известняки с прослоями ангидрита мантуровской свиты (<i>D₂ mt</i>). Зона влияния рудо- носного интрузива
			1.1	Mo, Cu, Ni,	
			0.9	Mn	
			0.7	Ba	
	Зона рассеянной минера- лизации	6	≤ 0,5	Zr, Co, Ti, Cr, V, Zn	Карбонатные породы верхнего девона, зона влия- ния рудоносного интрузива интрузива СК-15, инт. 60-110 м
			2.5	Sr	
			1.1	Mn	
			0.87	Zr	
	аномалия	10	3.37	Sr	Породы контактового ореола Хараелахского ин- трузива скв. 852 инт. 490-500 м и 586 инт. 480-500 м
			1.9	Sn	
			1.5	Ag	
			1.17	Pb, Mo	
			1.1	Zr	
			≤ 0,5	Ba, V, Ti, Ni, Cu, Co, Cr, Zn, Cr	
		8	3.04	Sr	Породы контактового ореола Хараелахского (скв. 586 инт. 500-540 м) и Талнахского интрузивов.
			2.33	Mo	
			1.6	V	
			1.35	Zr	
			0.9	Cr, Ti, Mn, Pb	
		≤ 0,5	Ba, Ni, Cu, Co, Zn		
		2	4.9-6.0	Sr	Породы верхнего девона. Контактный ореол фронтальной части Хараелахского интрузива Скв. 575 инт. 250 -310м Скв. 575 -852 инт. 310 - 320м; Талнахское месторождение породы зубов- ской и ямпахтинской свит нижнего девона с целе- стиновой минерализацией.
≤ 0,5			Ba, V, Ti, Ni, Cu, Co, Cr, Zn, Cr, Sn, Ag, Pb, Mo, Zr		
7		7.62	Sr	Доломиты, известняки с прослоями ангидрита ка- ларгонской, юкгинской и мантуровской свиты Зо- на влияния рудоносного интрузива интрузива. СК-15, инт. 110-120 м	
		2.71	Mo		
	1.34	Zr			
	1.0	Sn			
	0.95	Pb			
	0.71	Ag			
	0.62	Mn			
≤ 0,5	Ba, V, Ti, Ni, Cu, Co, Cr, Zn				
233	6.7-8.0	Sr	Роговики контактового ореола Хараелахского интрузива: узловатые хлорит-серецитовые сланцы с <i>Cor</i> ; узловатые роговики <i>Chl-Musc</i> с <i>Cor</i> . Зоны рассеянной фельдшпатизации (мощность 30–70 м). Рассеянная вкрапленность <i>Mt</i>		
	1.3	Cu, Ba			
	1.1	Ni, Mo			
	0.9	Mn			
≤ 0,5	Zr, Ti, Cr, Co, V, Zn, Y, Yb				

ГХТ	Область ореола	n	Формула геохимической ассоциации		Геологические условия образования первичных ореолов	
			Кк =	МЭ		
1	2	3	4	5	6	
Стронциевый	аномалия	6	8.2	Sr	Контактный ореол интрузива в зоне его выклинивания, скв. 943 инт. 290-310 м	
			2.75	Sn		
			1.45	Pb		
		≤ 0,5	Zr, Ba, V, Ti, Ni, Cu, Co, Cr, Zn, Mo, Mn, Ag			
		12	8.64	Sr		Известковистые скарны и роговики, контактового ореола, скв. 575 инт. 520-600 м
			4.3	Mn		
			2.21	Cu		
			1.9	Pb, Zn		
			0.8	Sn, Ag		
			0.7	Ni, Cr, Co,		
		0,5 ≤	Ba, V, Ti,			
		6	8.95	Sr		Роговики, скарны зоны гидротермалитов контактового ореола Хараелахского интрузива Скв. 943 инт. 170-220 м
			≤ 0,5	Ba, V, Ti, Ni, Pb, Cu, Co, Cr, Zn, Mo, Mn, Ag, Sn,		
		39	9.3	Sr		Породы контактового ореола фронтальной и краевой фаций Хараелахского интрузива
			1.94	Mo		
			1.4	Sn		
1.1	Zr					
0.8	Ni, Cu Ba, Mn					
≤ 0,5	Ti, Pb, Cu, Co, Cr, Zn, Ag					
16	12.4	Sr	Сульфатно-карбонатные отложения мантуровской свиты с целестиновой минерализацией, скв. 852 -586 инт. 450-490 м			
	≤ 0,5	Ti, Pb, Cu, Co, Mo Cr, Zn, Ag Zr Sn Ba, V, Ni				
Стронций-медь-свинцовый	аномалия	28	18.3	Sr	Породы контактового ореола краевой зоны Хараелахского интрузива. Узловато-полосчатые апомергелевые актинолитовые, <i>Ep-Ca-Act</i> и апоаргиллитовые <i>Cor-Musc-Chl-Bi</i> роговики. Породы зоны рассеянной фельдшпатизации (мощность 20–40 м).	
			11.0	Cu		
			7.0	Pb		
			1.0	Mo		
			≤ 0,5	Ni, Cr, Zn, Mn, Co, Ti		
Стронциевый	аномалия	13	23.2-24.4	Sr	Породы верхнего контактового ореола Хараелахского интрузива. Гидротермалиты. Ангидритофиры с целестиновой минерализацией. Скв. 586 -885 инт. 460-550 м скв. 806 инт. 260-330м, скв. 575 инт. 320-360 м	
			2.2	Cu		
			1.52	Mo		
			0.85	Ba		
			0.72	Zr		
		≤ 0,5	Ni, Cr, Zn, Mn, Ag, Co, Ti, Pb,			
		61	31	Sr	Внешняя зона надинтрузивного контактового ореола Хараелахского интрузива («Октябрьское месторождение») в отложениях мантуровской свиты ангидритофиры, с цеолитом.	
			4.6	Sn		
			1.7	Zn		
			1.3	Mo		
			1.0	Ba, Mn, Zr		
0.7	Cu					
≤ 0,5	V, Ti, Ni, Co, Cr, Y, Yb					

ГХТ	Об- ласть ореола	n	Формула геохимической ассоциации		Геологические условия образования первичных ореолов	
			Кк =	МЭ		
1	2	3	4	5	6	
стронциевый	аномалии	25	35.1	Sr	Ангидритофиры в контактовом ореоле Хараелахского интрузива, зона постинтрузивного разлома Скв. 575 инт. 360-520 м	
			5.35	Zn		
			1.4	Cu		
			1.2	Mn, Pb		
			≤ 0,5	Ba, V, Ti, Ni, Co, Cr, Zn, Mo, Ag, Sn,		
Барий-стронциевый		аномалии	10	2.8	Ba	Талнахское месторождение. В метаморфизованные породы мантуровской свиты в области флексурного перегиба, контактовый ореол Талнахского интрузива. Скв. Св-45, СГ-28, ОП-4, ОП-5, ОП-15, ВХ-5, ВХ-1
				1,9	Sr	
				4.8	Ba	
				3.7	Sr	
			20	14.0	Ba	Геохимические ореолы в метаморфизованных сульфатно-карбонатных отложениях девона. Минеральный состав: бариево-калиевый полевой шпат ($K_{92.3} Ba_{3.5}, Ca_{13}$) альбит – $Na_{96.1-99.3} Ca_{0.5-2.9} K_{0.2-0.7} Ba_{0-0.3}$. ломонтит (Ba – 0,07 мас. %), цеолит– фойязит (Ba – 0,14 мас. %), преобладает барито- целестиновая минерализация. Области приразломных флексурных перегибов, зоны интенсивного кондуктивного теплообмена и образования флюидно-тепловых «мешков».
	4.0			Sr		
	2.0			Ni		
	1.0			Mn, Co		
	0.7			Mo		
	≤ 0,5			Cu, Ti, V, Zn, Zr, Pb		
	8	5.2-49	Ba	Горизонты конседиментационных брекчий в зонах фациального выклинивания отложений верхнего и среднего девона на площади Олорского палеоподнятия, район Талнахского месторождения (мощность до 20 м)		
		6-8	Sr			
		2.0	Ni			
		1.0	Mn, Co, Mo, Cu			
		≤ 0,5	Ti, V, Zn, Zr, Cr			

Таблица 2.4

Модель геохимических ореолов специализированных на марганец

ГХТ	Об- ласть ореола	n	Формула геохимической ассоциации		Геологические условия образования первичных ореолов
			Кк	МЭ	
1	2	3	4	5	6
Марганцевый	фон	222	1.3	Mn	Геохимические ореолы в отложениях терригенно-карбонатного типа разреза мантуровской свиты (D_2 <i>mt</i>): доломиты с горизонтами конседиментационных брекчий.
			1.0	Cr, V	
≤ 0,5	Ba, Cu, Ni, Co, Cr, Ti, V, Zr, Zn, Pb, Sr				
Марганцевый	Зона рассеянной минерализации	34	3.0	Mn	Геохимические ореолы в зонах выклинивания карбонатных отложений мантуровской свиты (D_2 <i>mt</i>) в приразломных зонах Олорского разлома и Норильско - Хараелахского разлома. Метасоматические и тектонические брекчии. Минеральные ассоциации: <i>Qu – Ab – Musc – Chl – Ca</i> ; <i>Qu – Ab – Ep – Act</i> ; <i>Trem – Ca</i> ; <i>Trem – Phl c Mt, Hem, Zir</i> .

Таблица 2.5

Модель геохимических ореолов специализированных на цирконий

ГХТ	Область распределения МЭ	n	Формула геохимической ассоциации		Геологические условия образования первичных ореолов
			Кк =	МЭ	
1	2	3	4	5	6
Циркониевый	фон	350	1.1	Zr	Геохимические ореолы в породах тунгусской серии ($C_2 - P_2$): алевролиты, песчаники мелко- тонко- до грубозернистых, аргиллиты безуглистые и углистые, угли каменные, конгломераты и гравеллиты, туфогенные породы. Цемент гидрослюдистый. Минеральный состав: <i>Qu</i> (30–60%), <i>Pl</i> , <i>Musc</i> , <i>Bi</i> , <i>Chl</i> , микроклин; акцессорные минералы: <i>Zir</i> , <i>Ap</i> , <i>Turm</i> , <i>Sf</i> . В толще осадочных отложений локализованы силлы трахидолеритов (титан-авгитовых) и субщелочных оливиновых трахидолеритов Ергалахского комплекса ($\tau\beta P_2 er$). Химический состав оливиновых трахидолеритов: $SiO_2 - 47,5$, $TiO_2 - 3,19$, $Al_2O_3 - 14,52$, $FeO - 13,7$, $MnO - 0,21$, $MgO - 4,39$ вес. %; $Zr - 44 \times 10^{-3}$ вес. %, $V - 14 \times 10^{-3}$ вес. %, $Cr - 4 \times 10^{-3}$ вес. %. Химический состав титан-авгитовых долеритов: $SiO_2 - 48,32$, $TiO_2 - 3,75$, $Al_2O_3 - 12,4$, $Fe_2 O_3 - 15,23$, $MnO - 0,22$; (содержание в п $\times 10^{-3}$ вес. %.) $Cu - 3,7$, $Ni - 1,7$, $Co - 1,3$, $Cr - 1,1$, $Zr - 14,6$
			0.9	Ti, Mn	
			0.7	V, Cu,	
			$\leq 0,5$	Ni, Co, Cr, Zn, Mo, Sr, Ba, Y, Yb,	
	фон	108	1.5	Zr	
			1.0	Ti, V, Mn	
			$\leq 0,5$	Ba, Cu, Ni, Co, Cr, Mo, Pb, Zn, Sr, Ag	
	Зона рассеянной минерализации	50	1.82	Zr, Sn	
			1.4	V, Ti	
			1.0	Ni, Cu,	
			$\leq 0,5$	Zn, Ba, Ag	
			2.8	Sn, Zr	
			2.5	Ag, Mo	
			1.85	Pb	
	$\leq 0,5$	Co, Cr, Ni, Sr			

ГХТ	Об- ласть распре- деления МЭ	n	Формула геохимической ассоциации		Геологические условия образования первичных ореолов			
			Кк =	МЭ				
1	2	3	4	5	6			
Барий-циркониевый	Зона рассеянной минерализации	293	2.5	Zr	Кварц-полевошпатовые роговики надинтрузивного ореола рудоносного интрузива, залегающего в сульфидосодержащих породах тунгусской серии. Породы «остаточной» серии (кварцсодержащие диориты) верхних горизонтов Хараелахского и Талнахского интрузивов. Химический состав пород: SiO ₂ – 46.1, TiO ₂ – 2.09, Al ₂ O ₃ – 12.1, FeO – 14.5, MnO – 0.25, MgO – 2.35 мас. %; Cr – 2.7, Ni – 21, Cu-124, Zr – 370, Sr – 158, Ba – 370 в ppm. Кварц - полевшпатовые роговик.: <i>Qu – Pl – Cor – Ort – Bi c Mt, Ap, Pyr, Rut; Qu – Pl – Fsp – Cor – Bi; Qu – Pl – Shp – Cor – And; Qu – Pl – Hbl – Bi c Mt, Qu – Pl – Di – Gr c Gf.</i>			
			1.4	Mn, Ba,				
			1.2	Mo, Ti				
			1,0	Zn				
			0,84	Y, Cu, Sr				
			≤0,5	Ni, Co, Cr				
		555	4.8	Zr				
			4.1	Ba				
			3.8	Ti				
			2.7	Zn, Mn				
			2.5	Mo				
			2.2	Ni, Co				
			1.7	Cu				
			1.4	V, Sr,				
	≤0,5	Pb, Cr, Y, Yb						
	фон	80	1.0	Ba, Zr, Cu	Внешняя зона (выше рудоносного интрузива на 200 м) контактовых ореолов в отложениях тунгусской серии (C ₂ –P ₂) на площади приразломных флексурных перегибов. Минеральный состав метаморфических фаций: <i>Act – Ab – Bi – Musc – Qu co Sf; Pl – Qu – Di – Gr; Qu – Ab – Musc – Shp c Ca, Zir, Hem.</i>			
			0.7	Ti, V				
			0.6	Mo				
			≤0,5	Co, Sr, Zn, Mn, Y, Yb, Ni, Cr				
	Зона рассеянной минерализации	54	2.5	Ba	Надинтрузивный ореол краевой зоны рудоносного интрузива. Метаморфизованные терригенные алюмосиликатные отложения тунгусской серии (C ₂ –P ₂) минеральный состав ореола: <i>Qu – Pl – Cor – Ort – Bi c Mt, Ap, Pyr, Rut; Qu – Pl – Fsp – Cor – Bi; Qu – Pl – Shp – Cor – And; Qu – Pl – Hbl – Bi c Mt; Qu – Pl – Di – Gr c Gf.</i> Метаморфизованные отложения мантуровской свиты (D ₂ mt): <i>Shp – Gr – Phl c Dol; Shp – Gr – Trem c Ca; Shp – Act – Pl – Bi – Musc – Qu c Ang; Act – Ab – Bi – Musc – Qu co Sf; Pl – Qu – Di – Gr.</i> Метаморфизованные алюмосиликатные терригенные отложения разведочнинской свиты (D _{1rz}): <i>Qu – Cor – Ort – Bi c Mt, Pyr, Rut, Ap, Sf.</i> Скв. 134, 471			
			1.7	Zr				
			1.2	Mo, Cu, Ti, Ni, Mn				
			0.9	Co				
0.7			Sr, Zn					
≤0,5			Y, Yb, Cr					
Циркон-свинец-иттриевый			Зона рассеянной минерализации	200		1.9	Zr	Метаморфизованные терригенные алюмосиликатные отложения тунгусской серии (C ₂ –P ₂) на площади приразломных перегибов и зон тектонических швов Норильско – Хараелахского и Тангаралахского разломов. Минеральный состав метаморфизованных пород: <i>Act – Ab – Bi – Musc – Qu co Sf; Pl – Qu – Di – Gr; Qu – Ab – Musc – Shp c Ca, Zir, Hem, Sfal, Gal</i> роговики. Зоны тектонических швов глубинных Норильско – Хараелахского и Тангаралахского разломов. Развитие процессов карбонатизации, альбитизации, хлоритизации, серпентинизации пород, карбонат – скаполитовые скарны. Образование минералов циркона и альбитизированного полевого шпата. Расстояние по латерали до рудоносного интрузива 200 м.
						1.6	Pb, Y	
						1.0	Ni, Ba, Mn, Sr	
						0,8	Ti	
	≤0,5	Cr, Cu, Co, Mo, V, Zn, Yb						
	124	2.7		Zr				
		2.3		Y				
		1.8	Mo					
		1.4	Ba					
		1.2	Mn					
		1.0	Yb					
	0.9	Ti						
	0.8	Sr, Cu						
≤0,5	Ni, V, Co, Cr							

Таблица 2.6

Модель геохимических ореолов специализированных на титан

ГХТ	Об- ласть ореола	n	Формула геохимиче- ской ассоциации		Геологические условия образования первичных ореолов
			Кк =	МЭ	
1	2	3	4	5	6
Титан-кобальтовый	фон	112	1.1	Ti	Геохимические ореолы в недифференцированных интрузивных телах; горизонты лейкократового габбро, габбро-диоритов Хараелахского интрузива (удаленные от месторождения фланги). Минеральный состав пород: главные: <i>Pl</i> (65–90 %) и <i>Cpx</i> (5–30 %). <i>Cpx</i> – $Wo_{45-47}En_{43-41}Fs_{12-23}$, и $Wo_{39}En_{45}Fs_{16}$ и амфибола. Плагиоклаз представлен битовнитом и лабрадором. В переменных количествах: палагонит, <i>Ol</i> , хромшпинелиды, <i>Bi</i> , <i>Ap</i> , сульфиды, <i>Timt</i> , <i>Ilm</i> . Содержат включения магнезиальных скарнов, гранатов, хромшпинелидов (TiO_2 до 3.2 мас. %). Магнезиальные скарны из обособлений представлены шпинель-монтичеллитовой породой, в монтичеллите TiO_2 до 3,62 мас. %, в <i>Timt</i> – 8,34 мас. %. <i>Co</i> 28–47 ppm, <i>Ni</i> – 17–71 ppm, <i>Zr</i> – 41–66 ppm. Рудные минералы пирит кобальт- никельсодержащий, магнетит.
			1.0	Co	
			0.9	Ni, Zr	
			0.8	Mn	
			≤ 0.5	Ba, V, Cr, Cu, Sr, Zn, Mo, V	
	аномалия	37	3.1	Ti	
			1.6	Co	
			1.4	V, Mo, Ba	
			1.0	Cu	
			0.8	Zr, Cr, Mn, Ni	
≤ 0.5	Sr, Zn, Y, Yb				
Титан-медь-никелевый	аномалия	15	5.5	Ti	Геохимические ореолы в зонах расщепления рудоносных интрузий (силлы габбро, лейкократового габбро, габбро-диоритов) на флангах «Октябрьского» месторождения. Лейкогаббро: <i>Pl</i> (65–90 %), <i>Cpx</i> (5–30 %) (описание выше). Габбро-диориты: <i>Pl</i> – $Ab_{50-70}Or_{2-4}An_{48-26}$ и $Ab_{98-100}Or_{0-2}$, калишпат, <i>Cpx</i> – $Wo_{40-35}En_{46-41}Fs_{13-23}$ (10–15 %), <i>Amf</i> (3–20 %), палагонит (10–30 %), пренит, <i>Bi</i> , <i>Sf</i> , <i>Ca</i> , <i>Ilm</i> , <i>Timt</i> . Безоливиновые и кварцсодержащие габбродолериты: <i>Pl</i> (40–65 %) – Ab_{79-48} , калишпат, <i>Cpx</i> – $Wo_{41-44}En_{49-41}Fs_{10-16}$ (10–40 %), <i>Ol</i> (0–10 %), <i>Qu</i> , <i>Amf</i> (0–3 %), палагонит (3–10 %), пренит, <i>Bi</i> , <i>Sf</i> , <i>Ca</i> ; <i>Ilm</i> и <i>Timt</i> (до 15 %). TiO_2 – 1.33–3.0 ppm. Рудная минерализация магнетит-халькопирит- пирротиновая. Скв. КС-20, КС-21, 471
			2.9	Cu	
			2.5	Ni	
			2.1	Ba	
			1.6	Cr, Co, V	
			1.2	Mn, Mo	
			1.1	Zr	
			0.9	Sr	
			≤ 0.5	Pb, Zn, Y, Yb	

Окончание таблицы 2.6

ГХТ	Об- ласть ореола	n	Формула геохимиче- ской ассоциации		Геологические условия образования первичных ореолов	
			Кк =	МЭ		
1	2	3	4	5	6	
Титан-бариевый	фон	225	1.1	Ti	Геохимические ореолы в контактово измененных интрузивных породах, в условиях развития щелочного метаморфизма. Минералогический состав: <i>Pl</i> (45–55 %), <i>Cpx</i> (35–40 %), <i>Timt u Ilm</i> (3–7 %), изредка <i>Ol</i> , хромшпинелиды. SiO ₂ – 48, TiO ₂ – 1.2, Al ₂ O ₃ – 15.2, FeO – 12.5, MnO – 0.22, MgO – 7,1; CaO до 10.3, Na ₂ O – 1.9; K ₂ O – 0.89, P ₂ O ₅ – 0,15, Zr – до 98 ppm, Ba – 330 ppm, Co – 54 ppm. Тангаралахское потенциально рудное поле.	
			08	Ba, Mn, Co		
			06	Zr, Mo, Sr, Ni, Cr		
			≤0.5	Cu, Zn, V, Y, Yb		
	Зона рассеянной минерализации	300	2.0	Ti	Терригенные алюмосиликатные отложения тунгусской серии с силлами титан-авгитовых трахидолеритов и оливиновых трахидолеритов (τβ P ₂ er). Химический состав титан-авгитовых долеритов: TiO ₂ – 3.19, MnO – 0.21, P ₂ O ₅ – 0.55 мас. %; Zr – 44 x 10 ⁻³ вес. %, V- 14 x10 ⁻³ вес. %, Cr – 4 x 10 ⁻³ вес. %. Минеральный состав: <i>Pl</i> , <i>Cpx</i> , <i>Timt</i> , <i>Il</i> , <i>Ap</i> , <i>Ort</i> , <i>Sf</i> , <i>Anm</i> , <i>Bi</i> , палагонит. Минеральный состав оливиновых трахидолеритов: <i>Pl</i> , титанистый авгит, <i>Ol</i> , <i>Timt u Im</i> (5–15 %); другие минералы: <i>Ab</i> , <i>Ort</i> , <i>Sf</i> , <i>Anm</i> , <i>Bi</i> , цеолит, <i>Chl</i> ; аксессуарные: <i>Zir</i> .	
			1.3	Ba		
			1.1	V, Zr		
			0.9	Sr, Ni, Mn		
			0.8	Cu, Co, Zn		
			≤ 0.5	Mo, Y, Yb		
	аномалии	67	4.9	Ti	Геохимические ореолы в метаморфизованных терригенных алюмосиликатных отложениях тунгусской серии (C ₂ – P ₂) с горизонтами габбро-долеритов недифференцированных интрузий, на площади приразломных перегибов Тангаралахского разлома. Контактные породы представлены: пироксен – роговикой фацией: <i>Cpx + Pl + Fo + Shp+Phl</i> , <i>Gr + Cpx + Ph (+ Ca + Ang + Mt + Ah + Zir + Sf+Pyr)</i> ; магнезиальными скарнами в амфибол- и мусковит – роговиковой фациях: <i>Trem+Cpx</i> , <i>Phl</i> , <i>Trem+Chl (Dol+Ca+Ang, Mt+Pyr, Sf)</i> . Содержание в породообразующих минералах TiO ₂ от 0,81 – 1,2 до 3.4 мас. %. Метабазиты, состоящие из бариево-калиевого полевого шпата (K _{92.3} Ba _{3.5} , Ca ₁₃) с содержанием Ba (до 1,86 мас. %) и альбита – Na _{96.1-99.3} Ca _{0.5-2.9} K _{0.2-0.7} Ba _{0-0.3} ; ломонтита (Ba – 0,07 мас. %), цеолита-фойязита (Ba – 0,14 мас. %).	
			2.7	Ba, V		
			1.4	Co, Cr		
			1.2	Cu, Ni		
			0.9	Mo, Mn		
			0.7	Sr, Zn		
			≤ 0.5	Pb, Y, Yb,		
	Фосфор-барий-титановый	Зона рассеянной минерализации	54	2.6	P	Силлы титан-авгитовых трахидолеритов (τβ P ₂ er) в пределах приразломных перегибов. Химический состав титан-авгитовых долеритов: TiO ₂ – 3,19, MnO – 0.21, P ₂ O ₅ – 0.55 мас. %; Zr – 44 x 10 ⁻³ вес. %, V- 14 x10 ⁻³ вес. %, Cr – 4 x 10 ⁻³ вес. %. Минеральный состав: <i>Pl</i> , <i>Cpx</i> , <i>Timt</i> , <i>Il</i> , <i>Ap</i> , <i>Ort</i> , <i>Sf</i> , <i>Anm</i> , <i>Bi</i> , палагонит
				2.6	Ba	
2.1				Ti		
1.7				Mo		
1.4				V, Zn, Zr		
1.2				Co, Cu		
0.84				Sr		
0.8				Mn, Ni		
≤ 0.5				Y, Yb, Cr		

Таблица 2.7

Модель геохимических ореолов специализированных на молибден

ГХТ	Область ореола	n	Формула геохимической ассоциации		Геологические условия образования первичных ореолов	
			Кк	МЭ		
1	2	3	4	5	6	
Молибден-циркониевый	фон	552	1.0	Mo, Zr,	Кварц-полевошпатовые роговики в породах тунгусской серии. Минеральные ассоциации: <i>Qu – Pl- Fsp -Bi; Qu – Pl- Fsp -Cor – And; Qu – Pl – Hbl – Di; Qu – Pl – Di – Gr – Gf</i> . Рудные минералы: <i>Mt, Pyr</i> , маркизит.	
			0.9	Zn		
			0.8	Cu, Ti, Mn		
			≤ 0.5	Sr, Co, Cr, Ni, Ba, Y, Yb, Pb, V, Sn		
	Зона рассеянной минерализации	364	1.9 – 2.4	Zr		Геохимические ореолы в кварцполевошпатовых роговиках (по алюмосиликатным отложениям тунгусской серии) в приразломных зонах с силлами титанавгитовых долеритов (<i>τβ P₂ er</i>) и недифференцированных апофиз, сложенных габбродолеритами. Минеральный состав роговиков: <i>Qu, Pl, Act, Ep, Ca</i> . Акцессорные: <i>Sf, Rut, Ap, Mt, Pyr, Zir</i> .
			1.9	Mo		
			1.6	Ba		
			1.2	Ti, Zn		
			0.9	Mn, V, Cu, Ni		
			0.7	Sr		
	≤ 0.5	Cr, Co, Pb				
	аномалии	48	9.7	Mo		Геохимические ореолы в тектонических зонах. Околотрещинный метасоматоз. Породы представлены кварцполевошпатовыми роговиками; магнизиальными скарнами; жильными телами кальцит-ангидритовых метасоматитов – ангидритофиров, кальцифиров с вкрапленностью <i>Pyr, Mt, Sfal</i>
			2.4	Zn		
			2.0	Zr		
			1.3	Ti, Ba, Mn, Ni		
			0.8	Cu, Co, V		
			≤ 0.5	Sr, Co, Cr, Y, Yb		
	Молибден-цирконий-свинцовая	фон	265	1.2		Pb
1.0				Mo		
0.8				Zr		
0.6				Cu, Ni, Zn, Mn		
≤ 0.5				Cr, Ti, Co, Y, Yb		
Зона рассеянной минерализации		242	2.8	Pb, Mo		
			1.8	Zr		
			1.4	Zn, Ba, V		
			1.0	Ni		
			0.8	Cu, Mn		
			≤ 0.5	Co, Sr, Ti,		
аномалия		118	5.0	Mo		
			2.3	Pb		
			1.7	Cr		
			1.0	V		
			≤ 0.5	Ba, Cu, Ni, Co, Ti, Zr, Y, Mn, Zn, Sr		
аномалия		120	3.6	Pb	Породы контактового ореола Нижнеталнахского интрузива в терригенных отложениях тунгусской серии (<i>C₂ – P₂</i>) в пределах приразломной флексуры. Удален от интрузива на 10–15 м (по вертикали). Роговики: <i>Cor + Ort + Pl + Bi + Qu + Mt → Chl + Musc + Bi + Qu + Ab + Fsp + Mt → Qu + Ab + Mus</i> ; метасоматиты → кварц-мусковитовый грейзен → кварцтурмалиновый грейзен. В гидротермальных прожилках установлены: цеолит, <i>Chl, Srp, Ab</i> , апофиллит, <i>Dat</i> , гипс и <i>Ca</i> .	
			1.7	Zr, Be		
	1.2		Ba, Ti,			
	≤ 0.5		Cu, Ni, Co, Cr, V, Mn, Y, Mo, Sr			

Окончание таблицы 2.7

ГХТ	Область ореола	n	Формула геохимической ассоциации		Геологические условия образования первичных ореолов	
			Кк	МЭ		
1	2	3	4	5	6	
Иттрий-молибден-циркониевая	фон	170	1.7	Y	Породы тектонических брекчий, слагающих зоны разломов. Представлены обломками карбонатизированных апобазальтовых и аподолеритовых альбититов, альбитизированных базальтов, апопесчаниковых кварц-полевошпатовых и существенно полевошпатовых метасоматитов	
			1.2	Zr		
			0.8	Ti		
			≤ 0.5	Cr, Mn, Sr, Cu, V, Mo, Ni, Co, Ba, Zn, Yb		
	Зона рассеянной минерализации	29	2	Y		Тектонические и метасоматические брекчии в апикальных частях Томулахского интрузива. Брекчии сложены обломками карбонатизированных апобазальтовых и аподолеритовых альбититов, альбитизированных базальтов, апопесчаниковых кварц-полевошпатовых и существенно полевошпатовых метасоматитов. Цементом служит <i>Ca</i> , включающий кристаллы <i>Qu</i> , зерна <i>Pyr</i> , <i>Po</i> и <i>Cr</i> . Обломки базальтов окружены зональными каймами карбонатизации. Формирование горизонта тектонических брекчий происходило в условиях средне-низкотемпературных фаций метаморфизма.
			1.5	Mo, Zr		
			1.2	Ba		
			0.8	V, Ti, Cu, Zn, Ni		
			≤ 0.5	Mn, Sr, Co, Cr, Yb,		
	аномалия	265	4.6	Y		
			2.1	Mo		
			1.7	Zr		
			1.1	Ti		
			0.9	Mn, Cu, Zn		
			≤ 0.5	V, Sr, Yb, Ni, Ba, Co		
Бериллий-молибденовый	фон	194	1.2	Be	Геохимические ореолы (до 50 м) в породах промежуточной зоны контактового ореола Томулахского интрузива (до 50 м) в метаморфизованных отложениях девона. Представлен горизонтами тектонических брекчий: в обломках карбонатные алюмосиликатные породы, сцементированы скрытокристаллическим кальцитом, в котором включаются анкерит, флюорит, <i>Pyr</i> , <i>Po</i> , <i>Sfal</i> , реликты <i>Qu</i> , <i>Alb</i> . Данный тип геохимических ореолов так же отмечается в зонах брекчирования в базальтах ивакинской-сыверминской свит.	
			1.0	Mo		
			0.8	Cu, Ni, Y		
			≤ 0.5	Mn Ti, Zn, Sr, Co, Cr		
	аномалия	20	3-7.0	Be		Геохимические ореолы в породах зон околотрещинного метасоматоза. Развитие альбитов, грейзени-тов. Томулахская зона метаморфизма
			1.6	Mo, Mn, Zr		
			0.9	Sr, Cu		
			≤ 0.5	Ti, V, Ni, Co, Cr, Zn		

Геохимические ореолы специализированные на цинк. Ореолы с фоновыми содержаниями Zn наблюдаются в горизонтах тектонических и метасоматических брекчий в зонах катакластического метаморфизма. Аномалии элемента наблюдаются в контактовых ореолах флангов Нижнеталнахского интрузива, образующихся в условиях средне- и низкотемпературных фаций гидротермального процесса. В ассоциациях с Cu, Ni и Co образует аномалии в горизонтах вкрапленных руд Томулахской зоны метаморфизма, природа которых обусловлена наложенными процессами дисульфидизации (табл. 2.8).

Таблица 2.8

Модель геохимических ореолов специализированных на цинк

ГХТ	Об- ласть ореола	n	Формула геохимической ассоциации		Геологические условия образования первичных ореолов
			Кк =	МЭ	
1	2	3	4	5	6
Цинковый	фон	569	1.3	Zn	Кальцитовые прожилки с пиритом, галенитом, халькопиритом в скарнированных брекчированных породах породах зон разломов. Геохимический ореол внешней зоны надинтрузивного контактового ореола Томулахского интрузива. Сложена метаморфитами и метасоматитами различной формационной принадлежности: щелочными метасоматитами, ороговикованными и перекристаллизованными песчаниками, алевролитами, аргиллитами, известковыми и магнезиальными скарнами. Присутствуют <i>And</i> и <i>Cor</i> в ассоциации с кислым <i>Pl</i> , <i>Musc</i> , <i>Bi</i> . Zn проявлен в виде вкраплений <i>Sfal</i> наряду с <i>Gal</i> , <i>Ср</i> , халькозином и в виде примесей в минералах группы шпинели из скарнов околоинтрузивных ореолов: ZnO – до 0.3 мас. %; редко в пренитах (ZnO – до 0.3 мас. %)
			1.2	Co	
			1.1	Mo, Ti, V, Mn, Cr	
			0.8	Ni, Cu	
			≤ 0.5	Sr, Pb, Ba	
	зона рассеянной минерализации	48	2.7	Zn	
			1.6	Mo, Zr	
			1.3	Ti, Cu	
			1.0	Ni, Co, V	
			0.8	Sr, Mn	
	аномалия	292	≤ 0.5	Cr, Ba, Pb,	
			3.0	Zn	
			2.2	Co	
			1.3	Mo, Ti, Zr, Ni	
			1.0	Cu, Mn, V, Cr	
Цинковый	аномалия	69	0.7	Sr	
			≤ 0.5	Ba, Cr, Pb,	
			8.6	Zn	
			2.9	Mo	
			2.4	Co	
			2.0	Ti, Zr, Ba	
			1.2	Ni, Mn	
0.9	Cu				
Медь-цинковый (цинк-медный)	фон	177	0.7	Sr, V	
			≤ 0.5	Cr, Pb,	
			1.2	Cu, Ni, Co, Zn,	
			0.9	Mn, V, Mo	
	Зона рассеянной минерализации	290	0.7	Cr	
			≤ 0.5	Ti, Sr, Pb	
			2.4-2.6	Zn	
			1.8-1.9	Cu, Ni	
			1.0-1.6	Co	
			1.3	Mo, Cr	
1.0	Zr,				
0.7	Mn, V, Ti				
≤ 0.5	Ba, Pb				

ГХТ	Об- ласть ореола	n	Формула геохимической ассоциации		Геологические условия образования первичных ореолов
			Кк =	МЭ	
1	2	3	4	5	6
Никель-цинк-медный (никель-медь-цинковый)	аномалии	170	5.4	Cu	Вкрапленное оруденение в пикритовых габбродолеритах Томулахского интрузива с сульфидной минерализацией <i>Pn – Cr</i> состава, цинк в виде примесей присутствует в халькопирите.
			4.8	Ni	
			2.6	Zn	
			1.2	Co	
			0.9	Mn, V, Mo, Cr	
			≤ 0.5	Ba, Ti, Sr, Zr, Pb	
		56	46.0	Ni	
			19.0	Zn	
			13.0	Cu	
			5.9	Cr	
			1.6	Co	
			1.2	Mn	
			0.8	V, Mo	
			≤ 0.5	Ba, Ti, Sr, Zr, Pb	
Цинковый	фон	44	1.4	Zn	Ореол метаморфизованных терригенных отложений тунгусской серии (мощность до 150 м) с силами долеритов в зоне влияния Нижнеталнахского интрузива (боковая часть контактового ореола за пределами интрузива), расположенного в приразломной зоне Олорского разлома. Ороговикованные алевролиты и песчаники: <i>Qu + Cor + Pl + Musc + Chl; Qu + Pl + Bi + Musc + Chl; Qu + Musc, Qu + Act, Qu + Act + Ep (Rut, Sf, Ap, Zir, Pyr)</i> . Интрузивные породы лейкократовые гибридно-метасоматические породы, ксенолиты кварцсодержащих роговиков и апоаргиллитовых кордиерит-плагиоклазовых роговиков. Метасоматиты: альбиты, калишпат-альбитовые, биотит-полевошпатовые, зоны рассеянной фельдшпатитизации. В прожилках наблюдаются межзерновые пластинчатые сульфиды: <i>Pyr, Cr, Po</i> или <i>Mt</i> . Минералы группы шпинели содержат: TiO_2 – 8.24 мас.%; MnO - 0.42–1.4, V_2O_5 – 0.88-1.34, Cr_2O_3 - 0.47, NiO - 0.14 мас. %.
			1.2	Ni, Cr, Ti	
			0.8	Cu, Mo, Mn	
			≤ 0.5	Ba, Co, Zr, Pb, Sr	

Геохимические ореолы специализированные на хром-кобальт. Выделяется в основном по разрезу эффузивных пород пикритовых и толеитовых лав, а также в габбродолеритах рудоносных интрузий и в их контактовых ореолах, обогащенных хромитом. Аномалии Cr отмечаются в малосульфидном платинометальном оруденении горизонта хромитосодержащих габбродолеритов и в пикритовых базальтах (табл. 2.9).

Таблица 2.9

Модель геохимических ореолов специализированных на хром-кобальт

ГХТ	Об- ласть ореола	n	Формула геохи- мической ассо- циации		Геологические условия образования первичных ореолов		
			Кк =	МЭ			
1	2	3	4	5	6		
Хром-никель-кобальтовый	фон	84	1.1	Cr, V	Геохимические ореолы в терригенных отложениях разведочнинской ($D_{1-2} rz$) свиты. Алюмосиликатные породы существенно глинистые (гидрослюдистые), серые и темно-серые тонкоплитчатые аргиллиты с остатками фауны и желваками фосфоритов. Содержания микроэлементов (в $n \times 10^{-3}$ вес.%): Cr-14.2; V-12.8; Ti-463.2; Zr-11.2; Ba-7.3; Mn -73; Sr -16.7		
			0.9	Ti, Ni, Mo, Zr			
			0.7	Cu			
			≤ 0.5	Mn, Zn, Sr, Ba			
		20	1.0	Co, Ni, Ba, Mn		Терригенные алюмосиликатные отложения разведочнинской свиты ($D_{1-2} rz$) в сводовой части палеоподнятия, ограничивающего развитие рудоносных Хараелахского и Тангаралахского и слаборудоносного Нижнеталнахского интрузивов.	
			0.8	Sr, Mo, Cu			
			≤ 0.5	Cr, Zr, V, Ti, Zn			
		зона рассеянной минерализации	135	2.0		Co	Геохимические ореолы в пределах приразломного флексурного перегиба Норильско – Хараелахского разлома в метаморфизованных породах тунгусской серии ($C_2 - P_2$), мантуровской ($D_2 mt$) и разведочнинской ($D_{1-2} rz$) свит. Интрузия не вскрыта (район скв. ОП-1). Развитие щелочных метасоматитов: биотит-полевошпатовые метасоматиты, пироксеновые роговики с <i>Ol</i> , <i>Shp</i> , флогопитом, <i>Ca</i> . Редко вкрапленность <i>Mt</i> , <i>Pyр. Ср</i> . Со и Ni связаны с пиритом. V в рассеянной форме содержится как примесь в пиритах, Zn – примесь в халькопирите.
				1.2		Cr, Ni	
				0.9		V, Ti, Mn, Zn, Cu	
				0.7		Ba, Zr	
				≤ 0.5		Sr	
	40			2.5	Cr		
				2.3	Ni		
				2.0	Co		
				1.3	V, Cu, Ba,		
				0.9	Zn, Mo		
			0,7	Mn, Zr, Sr			
	≤ 0.5		Ti, Y, Pb				
	135		2.0	Co	Геохимические ореолы в пределах приразломного флексурного перегиба Норильско – Хараелахского разлома в метаморфизованных породах тунгусской серии ($C_2 - P_2$), мантуровской ($D_2 mt$) и разведочнинской ($D_{1-2} rz$) свит. Интрузия не вскрыта (район скв. ОП-1). Развитие щелочных метасоматитов: биотит-полевошпатовые метасоматиты, пироксеновые роговики с <i>Ol</i> , <i>Shp</i> , флогопитом, <i>Ca</i> . Редко вкрапленность <i>Mt</i> , <i>Pyр. Ср</i> . Со и Ni связаны с пиритом. V в рассеянной форме содержится как примесь в пиритах, Zn – примесь в халькопирите.		
			1.2	Cr, Ni			
			0.9	V, Ti, Mn, Zn, Cu			
			0.7	Ba, Zr			
		≤ 0.5	Sr				
		40	2.5	Cr			
			2.3	Ni			
			2.0	Co			
			1.3	V, Cu, Ba,			
0.9			Zn, Mo				
0,7	Mn, Zr, Sr						
≤ 0.5	Ti, Y, Pb						

ГХТ	Об- ласть ореола	n	Формула геохи- мической ассо- циации		Геологические условия образования первичных ореолов
			Кк =	МЭ	
1	2	3	4	5	6
Хром-никель-кобальтовый	Зона рассеянной минерализации	36	2.5	Cr	Геохимические ореолы в такситовых лейкогаббро Хараелахско- го интрузива: <i>Pl</i> – лабрадор ($Ab_{42-46}Or_2An_{55-54}$), <i>Cpx</i> – авгит (Wo_{44-49}), <i>Ol</i> , оксиды, сульфиды и разности пород, обогащенных хро- митом (Cr 172–270 ppm). Обломки магматогенной брекчии, сложенные <i>Spn</i> , <i>Pl</i> и <i>Ol</i> . Внутренняя зона околоинтрузивного контактового ореола: пироксен – роговиковая фация. Минеральный состав: <i>Ort</i> , <i>Cor</i> , <i>Opx</i> , <i>Shp</i> с <i>Mt</i> , <i>Sfal</i> , <i>Ap</i> и <i>Timt</i> .
			2.3	Ni	
			2.0	Co	
			1.3	V, Cu,	
			0,9	Ba, Mo, Mn, Zn, Ti	
			≤ 0.5	Zr, Sr, Y, Yb	
	аномалия	48	16.0	Ni	Геохимические ореолы верхних дифференциатов Талнахского интрузива (габбро-диориты, габбродолериты безоливиновые и оливиновые). Габбродолериты пегматоидного облика с кварцем или без него. Состав: 40–60 % <i>Pl</i> ($Ab_{50}Or_2An_{48}$); калишпата (1–3 %); 15–40 % <i>Cpx</i> ($Wo_{42-40}En_{47-45}Fs_{11}$); 1–3 % <i>Amf</i> ($f = 42$ ат. %), <i>Bi</i> , <i>Ap</i> , <i>Ca</i> , <i>Pren</i> , <i>Chl</i> , <i>Timt</i> и <i>Ilm</i> (3–7 %), сульфиды (0.5–5 %). Безоливиновые габбродолериты: 40–65 % <i>Pl</i> – An_{79-48} ; 10–40 % <i>Cpx</i> ($Wo_{41-44}En_{49-42}Fs_{10-16}$); <i>Ol</i> (Fa_{36-18}) от 0 до 5 %; <i>Qu</i> (от 0 до 4–6 %), <i>Bi</i> , <i>Chl</i> , <i>Timt</i> и <i>Ilm</i> (9–15 %), палогонита (3–10 %), калишпата (0–1.5 %), <i>Amf</i> . Оливиновые габбродолериты: 30–70 % <i>Pl</i> ($Ab_{13-24}Or_1An_{87-76}$); 15–40 % <i>Cpx</i> ($Wo_{37-43}En_{45-47}Fs_{10-17}$); <i>Ol</i> (Fa_{25-30}) от 15 до 18 %, <i>Timt</i> и <i>Ilm</i> и сульфиды (1–10 %), <i>Opx</i> , <i>Bi</i> , <i>Ap</i> , <i>Sf</i> . Вторичные: <i>Pren</i> , <i>Srp</i> , боулингит, <i>Chl</i> . Иногда зерна хромшпинелида.
			8,7	Cr	
			1.9	Cu	
			1.5	Co	
			1.2	Ti	
			1.0	Mo	
			0.9	V	
		≤ 0.5	Zr, Sr, Ba		
		Малосульфидное платинометальное оруденение в горизонте хромитосодержащих габбродолеритов	39.0	Cr	
			27.5	Ni	
			6.0	Co	
			3.3	Cu	
			3.0	Ti	
			2.0	Zn	
1.0	Mo, Mn				
<0.5	Zr, Sr				
Барий-хромовый	Зона рассеянной минерализации	34	1.9	Ba	Геохимический ореол в метаморфизованных породах тунгусской серии ($C_2 - P_2$), мантуровской ($D_2 mt$) и разведочнинской свит (D_{1rz}) в пределах флексурного перегиба приразломной зоны Норильско-Хараелахского разлома. Развитие щелочных метасоматитов: альбититовые, биотит-полевошпатовые метасоматиты, пироксеновые роговики с оливином, шпинелью, флогопитом, кальцитом. Ореол имеет локальное распределение (мощность от 20 до 100 м). Интрузия не вскрыта. Скв. ОП-1.
			1.7	Cr	
			0.9	Sr, Ti, Y, Mo, V, Cu, Zn, Mn	
			≤ 0.5	Ni, Zr, Pb	
Хром-ванадиевый	Зона рассеянной минерализации	125	2.0	Cr, V	Геохимические ореолы в троктолитовых габбродолеритах и оливинсодержащих габбродолеритах рудоносного тыловой зоны рудоносного интрузива. Троктолитовый габбродолерит: <i>Ol</i> (25–30 %) Fa_{18-26} ; <i>Pl</i> – An_{88-85} ; <i>Cpx</i> ($Wo_{45}En_{46}Fs_9$), <i>Bi</i> . Редкая вкрапленность пирита, пирротина, магнетита
			1.5	Cu, Ni, Co	
			≤ 0.5	Ba, , Ti, Zr, Mo, Pb, Zn, Mn, Sr	

Геохимические ореолы специализированные на ванадий выделяется в осадочных сульфидосодержащих терригенных породах, габбродолеритах тыло-

вой и краевой зон рудоносного интрузива и его контактового ореола с рассеянной вкрапленностью пирита, магнетита и пирротина (табл. 2.10).

Таблица 2.10

Модель геохимических ореолов специализированных на ванадий

ГХТ	Об- ласть ореола	n	Формула геохимиче- ской ассоциации		Геологические условия образования первичных ореолов
			Кк	МЭ	
1	2	3	4	5	6
Ванадий-титановый	фон	535	1.3	V, Ti	Габбродолериты прикорневой (тыловой зоны) рудоносных интрузивов, силлы Нижнеталнахского интрузива с пиритовой вкрапленностью, базальты толеитовых лав.
			1.0	Zn, Cu, Cr, Mn, Zr	
			0.8	Ni, Co	
			≤ 0.5	Ba, Sr, Mo, Pb, Y, Yb	
	зона рассеянной минерализации	393	2.5	V	Геохимические ореолы в базальтах толеитовых лав, терригенные осадочные отложения тунгусской серии (C ₂ –P ₂) с силами габбродолеритов прикорневой зоны Хараелахского и Нижнеталнахского интрузивов.
			1.6	Ti, Zn,	
			1.3	Cu, Cr	
			1.0	Co, Ni, Ba, Zr, Mn, Mo	
			≤ 0.5	Sr, Pb	
	Барий-ванадиевый	фон	720	1.1	Ba, V
0.8				Mo, Cu, Ti, Zr, Zn Cr Mn Ni	
≤ 0.5				Ba, Sr, Mo, Pb, Y, Yb	
Ванадий-хромовый	зона рассеянной минерализации	125	2.0	V	Геохимический ореол (мощностью до 100 м) в породах контактового ореола между Талнахским и Нижнеталнахским интрузивами в сводовой части палеоподнятия. В породах отмечается рассеянная минерализация: <i>Pyr</i> .
			1.2	Cr	
			1.0	Mo	
			0.8	Co, Ni, Cu, Zr, Ti, Zn, Mn	
			≤ 0.5	Sr, Y	

Геохимические ореолы специализированные на медь–никель (или никель-медь-кобальт). Области фона выделяются во внешних зонах контактовых ореолов рудоносных интрузивов. Зоны рассеянной минерализации отмечается в габбродолеритах с бедной вкрапленностью сульфидов и внутренней зоне контактовых ореолов на контакте с интрузивами. Тела сплошных и прожилково-вкрапленных руд фиксируются высококонтрастными аномалиями (Кк до 875), в горизонтах вкрапленных руд аномалии менее контрастны (Кк до 100).

Различные минеральные типы руд имеют индивидуальные геохимические характеристики (табл. 2.11).

Таблица 2.11

Модель геохимических ореолов специализированных на медь – никель – кобальт (или никель-медь-кобальт)

ГХТ	Область ореола	n	Формула геохимической ассоциации		Геологические условия образования первичных ореолов
			Кк	МЭ	
1	2	3	4	5	6
Никель-медь-кобальтовый	фон	478	1.2	Ni	Габбродолериты оливинсодержащие и оливиновые рудоносных интрузии и их контактовые ореолы. Оливинсодержащие габбродолериты: $Pl - An_{79-48}$ (48–50 %), $Cpx - Wo_{41-44} En_{49-42} Fs_{10-16}$ (10–40 %), $Ol - Fa_{36-18}$ (0–5 %), Qu (0–1.5 %), $Timt$ и Ilm (9–15 %), палагонита (3–10 %), калишпата (0–1.5 %), Amf (0–3 %), Bi, Chl . Оливиновый габбродолерит: $Pl - Ab_{13-24} Ort_1 An_{87-76}$ (30–75 %), $Cpx - Wo_{37-43} En_{45-47} Fs_{10-17}$ (10–40 %), $Ol - Fa_{25-35}$ (5–18 %), $Timt, Ilm$ и сульфидов (1–10 %). Незначительное количество: $Orpx, Bi, Ap, Sf, Chl, Serp$, пренита, боулингита, зерен хромшпинелида.
			1.2	Cu	
			1.1	Co	
			0.94	Cr	
			0.9	Mn	
			0.8	Zn	
			0.8	Ti	
	$\leq 0,5$	Ba, Zr, Ga, Mo, V, Sr, Y, Sc, Yb			
	Зона рассеянной минерализации	244	2.8	Ni	Габбродолериты оливинсодержащие рудоносных интрузий и внутренняя зона околоинтрузивного контактового ореола в метаморфизованных осадочных породах с сульфидной минерализацией. Состав интрузивных пород (выше). Контактный ореол: спуррит-мервенитовая фация: $Mul + Cor + Pl + Qu + Mt$; Гидротермалиты представлены альбитом, кварцем, цеолитми и кальцитом. Рудные минералы: Po, Mt, Ilm, Pyr (до 8 %). Формация гибридометасоматических пород: $Bi-Amf-Ab$. Магнезиальные скарны. Пироксен-роговиковая фация: $Orpx + Cor + Ort + Pl + Bi + Shp + Q + Mt (Rut, Sf, Timt, Ap; Cpx + Pl + Phl (Bi), Ca + Per + Fo + Shp + Mt$
			2.4	Cu	
			2.0	Cr	
			1.7	Co	
			1.0	Zn, Mn, V, Ba	
			0,8	Mo, Zr, Ti	
	≤ 0.5	Sr, Y, Yb, Pb			
	аномалия	5	3.58	Pb	Контактный ореол интрузива с вкрапленностью галенит, пирит, пирротин, халькопирит, содержащий сфалерит в скарнированных породах руды в зоне постинтрузивного разлома. Скви. 891, инт. 920 м
			1.8	Ni, Cu, Ag, Zn	
			1.4	V	
			1.33	Mn, Co	
			0.9	Sn	
			0.8	Ti, Mo	
			≤ 0.5	Zr, Sr, Ba	
		498	6.9	Ni	Габбродолериты пикритовые, такситовые с сульфидной вкрапленностью; надинтрузивный контактовый ореол (внутренняя зона) с сульфидной минерализацией $Cr-Po$ и Po составов. Минеральный состав габбродолеритов: $Ol - Fa_{17}$ до Fa_{40} (25–40 %), $Pl - Ab_{48-64} Or_{0-1} An_{85-58}$ (10–30 %), клино- и ортопироксена $Cpx - Wo_{37-45} En_{46-50} Fs_{8-13}$, (10–40 %), рудные минералы Cr, Po (7–30 %), встречаются ильменит, хромшпинелиды, магнетит, зеленая шпинель, фторбиотит. В породах отмечается связь $-Ni_{OL} - Cr$. Содержание силикатного никеля (Ni_{O1}) в пикритовых габбродолеритах изменяется от 0.151 – 0.215 мас. %, Cr концентрируется в Cpx (Cr_2O_3 до 1.25 мас. %)
			2.9	Cu	
			2.7	Cr	
			2.4	Co	
			1.6	Mo	
			1.3	Zn	
			1.0	Mn	
			0.9	V	
			0.7	Ba, Ti	
			$\leq 0,5$	Zr, Sr, Pb	
122		22.0	Ni	Пикритовые базальты гудчихинской свиты в пределах центральной части «Октябрьского» месторождения (центральная часть магматической камеры). Минеральный состав: Ol (5–25 %), Cpx (25–30 %), Pl (40–60 %), палагонит (5–15 %),	
		19.0	Cr		
	4.8	Cu			
	3.7	Co			
	1.6	Ti			

Продолжение таблицы 2.11

ГХТ	Область ореола	n	Формула геохимической ассоциации		Геологические условия образования первичных ореолов	
			Kk =	МЭ		
1	2	3	4	5	6	
Никель-медь-кобальтовый	аномалия		1.1	Zr	окисно-рудная фаза (3–7 %). <i>Cr</i> ассоциирует с <i>Co</i> и <i>Ni</i> и изоморфно входит в минералы <i>Px</i> и <i>Ol</i> . Хромшпинелиды содержат (по мас. %): TiO_2 – 1.22–6.25, Cr_2O_3 – 14.68–34.6. Окисно-рудные минералы (3–7 %): хромит (Cr_2O_3 – 18.2–48.12) и ильменит	
			1.0	Zn, Mo		
			0.9	Mn, V, Ba		
			0.7	Sr		
			≤ 0.5	Yb, Y		
Кобальт-никелевый		28	2.5	Co		Внутренняя зона (40 м) контактового ореола Талнахского интрузива в терригенных отложениях курейской свиты (<i>D_{1kr}</i>). Ореол метаморфических пород представлен апопериклазовыми бруситовыми мраморами с <i>Mont</i> , <i>Mill</i> , <i>Fo</i> , <i>Shp</i> , <i>Phl</i> . На контакте с интрузивом: <i>Merv</i> – <i>Mill</i> мраморы с <i>Til</i> , <i>Mont</i> , <i>Shp</i> , купсидином, гиллебрандитом, <i>Mt</i> . Редкая вкрапленность пирита, пирротина, халькопирита.
			2.0	Ni, Cu		
			1.6	Cr, Mn		
			1.3	Sr		
			1.1	Zn, Ba		
			0.8	V		
≤ 0,5		Zr, Ti, Pb, Mo, Y, Yb				
Никель-медь-кобальтовый	120	5.3	Ni	Габбро-долериты оливиновые, пикритовые, троктолитовые, такситовые, контактовые с вкрапленным оруденением (от 0,5 до 3 об. %). Нижнеталнахского и Талнахского интрузивов. Троктолитовые габбро-долериты и метадiorиты. Троктолитовый габбро-долерит: <i>Ol</i> (25–30 %) Fa_{18-26} ; <i>Pl</i> – An_{88-85} ; <i>Sp</i> ($Wo_{45}En_{46}Fs_9$). Из рудных <i>Timt</i> , <i>Ilm</i> , <i>Vi</i> , редко сульфиды. Преобладающий состав сульфидов халькопирит-пентландит-пирротинный и троилит.		
		4.7	Cu			
		3.7	Co			
		1.5	Mn, Zn			
		1.0	Mo, V			
		0.6	Sr			
≤ 0.5	Ba, Zr, Ti					
Хром-никелевый	330	3.8	Ni	Пикритовые базальты гудчихинской свиты		
		2.2	Cr			
		1.7	Cu			
		1.5	Co			
		1.1	Zn			
		0.9	Mo, Mn, Ba			
		0.8	Ti, V			
		≤ 0.5	Sr, Y, Yb			
	3	5	Cr			
		3.0	Ni			
		1.9	V, Ti			
		1.33	Sn			
		1.24	Co			
		1.0	Cu, Zr			
0.92	Ba, Sr, Zn					
≤ 0.5	Mo, Ag					
9	23.7	Ni	Прожилково-вкрапленные руды в габбродолеритах. Скви.891, инт. 950-1000			
	2.0	Mo				
	1.7	Cr, V				
	1.1	Co				
	0.9	Sn, Ti, Cu, Sr				
	≤ 0.5	Zr, Ba, Zn, Pb				

Продолжение таблицы 2.11

ГХТ	Область ореола	n	Формула геохимической ассоциации		Геологические условия образования первичных ореолов
			Kk =	MЭ	
1	2	3	4	5	6
Никель-серебро-медь-кобальтовый	аномалия	49	237	Ni	Сплошные руды кубанит-пирротинового состава с ксенолитами измененных габбродолеритов. Скв. 586-885 инт 780 -840м. Км Cu, Ni, Ag =1
			217	Cu	
			28.5	Ag	
			12	Co	
			5.2	Cr	
			2.3	Zn, Pb	
			2.2	Mn, Sn	
			1.7	Sr	
			0.74	V	
			≤ 0.5	Zr, Ba, Ti	
Медь-никель-кобальтовый	фон	422	1.5	Cu	Силлы оливиновых габбродолеритов в краевой зоне рудоносного интрузива. Контактный околоинтрузивный ореол (внешняя зона) представлен амфибол- и мусковит-роговиковой фацией: плагиоклаз-кордиерит-гиперстен-ортоклаз-кварц-биотитовые роговики со <i>Shp, Mt, Rut, Sf, Mul. Cu, Co, Ni</i> находятся в силикатах и в сульфидной форме в виде тонких вкраплений и прожилков пирротинового, халькопиритового, пиритового составов.
			1.4	Co	
			1.3	Ni	
			1.2	Zn	
			0.9	V, Mn, Cr, Mo	
			≤ 0.5	Ti, Sr, Zr, Ba, Pb, Y, Yb	
	Зона рассеянной минерализации	212	2.7	Co	Ореол метаморфизованных пород с силлами габбродолеритов недифференцированных; базальты надеждинской и гудчихинской свит (описание выше). Фланги «Октябрьского» и «Талнахского» месторождений.
			2.5	Cu	
			2.4	Ni	
			1.9	Zn	
			1.1	V, Cr	
			1.0	Mo, Mn	
			≤ 0.5	Ti, Zr, Sr, Ba, Pb	
	Зона рассеянной минерализации	13	3	Cu	Прожилково –вкрапленные «медистые» руды в роговиках контактового ореола краевой зоны Харае-лахского интрузива, скв. СК-15, инт. 140-240 м
			2.8	Sr	
			1.1	Sn	
			0.9	Mn, Mo, Zr	
			≤ 0.5	Pb, V, Zn, Ti, Ni, Ba, Co, Cr, Ag	
	аномалии	612	3.5	Cu	Западный фланг «Октябрьского» месторождения. Горизонты габбродолеритов рудоносного интрузива. Контактный околоинтрузивный ореол метаморфизованных пород (внешняя зона): курейская (<i>D₁ kr</i>) свита: глинистые пятнистые серицит-хлоритовые апоаргиллитовые сланцы. Узловатые амфиболовые и пироксеновые апомергелевые роговики (мощность 5–15) с <i>Phl, Dol, Ca</i> с вкрапленным <i>Cp-Po</i> оруденением (7–15 %); разведочнинская свита (<i>D₁₋₂ rz</i>): пятнистые глинистые апоаргиллитовые серицит-хлоритовые сланцы (мощность 5–20 м). Сульфидов до 5 %: <i>Cp, Po, Pnt</i> .
			3.8	Ni	
			1.7	Co	
			1.5	Cr	
			1.1	Zn, Mo, Mn,	
			0.9	Ba	
			0.8	V	
			74	Ti	
			≤ 0.5	Sr, Zr	

Продолжение таблицы 2.11

ГХТ	Область ореола	n	Формула геохимической ассоциации		Геологические условия образования первичных ореолов
			Kk =	МЭ	
1	2	3	4	5	6
Медь-никель-кобальтовый	аномалия	12	5.0	Cu	Прожилково-вкрапленные руды в брекчированных габбродолеритах, обломки сцементированы известковистыми скарнами, роговиками. Скв. 891 инт. 910 -960 м, скв. 1009 инт. 1050 м
			4.56	Ni	
			4.47	Sr	
			3.69	Cr	
			2.75	Sn	
			1.6	V	
			1.25	Ag	
			1.1	Mo	
			0.8	Co	
			0.625	Ti	
			≤ 0.5	Zr, Ba, Zn, Mn	
		122	11.0	Cu	Пикритовые габбродолериты Хараелахского интрузива с сульфидной минерализацией <i>Sr, Po, Sfal</i> . Содержание сульфидов в рудных горизонтах до 7 %.
			6.9	Ni	
			2.7	Co	
			2.0	Zn	
			1.6	Cr	
			1.1	V	
			1.0	Mn	
			0.9	Mo, Ti	
		≤ 0.5	Sr, Zr, Ba, Pb, Y		
		11	16.5-35.0	Cu	Вкрапленные руды в габбродолеритах. Скв. 943-896 инт. 320-360 м
			12.2-25.0	Ni	
			3.68	Cr, Ag	
			2.14	Mo	
			1.75	Co	
			1.3	Mn	
			1.0	Sr	
			0.80	V, Ti, Zn	
		≤ 0.5	Zr, Ba, Pb		
		26	90	Cu	Прожилково – вкрапленные руды «медистые» в роговиках и зонах скарнирования контактного ореола фронтальной и краевой зонах Хараелахского интрузива. Зона сильной трещиноватости.
			78	Ni	
			17	Ba	
			5.6	Cr	
			5.3	Co	
			2.3	Zn, Pb	
			1.65	Mn	
			1.2	Sn	
			0.9	V, Zr, Ti	
		≤ 0.5	Sr, Ba, Mo		
		127	114.0	Cu	Прожилково – вкрапленные руды «медистые» в роговиках и зонах скарнирования контактного ореола фронтальной и краевой зонах Хараелахского интрузива. скв. 943 инт. 400-450 м, скв. 806 инт. 370-430 м, скв.596 инт. 460-510 м
			60.0	Ni	
			22.0	Ag	
			6.65	Co	
			2.4	Sr	
			1.4	Mn	
1.0	Cr				
0.9	Zn, Sn, Mo, Pb				
≤ 0.5	Zr, Ba, V, Ti				

Продолжение таблицы 2.9

ГХТ	Область ореола	n	Формула геохимической ассоциации		Геологические условия образования первичных ореолов	
			Kk =	МЭ		
1	2	3	4	5	6	
Медно-никелевый с серебром	Аномалии	7	168	Cu	Прожилково-вкрапленные руды в роговиках контактового ореола Хараелахского интрузива во фронтальной зоне	
			20.7	Ni		
			18.8	Ag		
			2.1	Sr, Sn		
			1.6	Mn		
			1.2	Co		
			1.0	Zr, Ti		
		≤ 0.5	Ba, V, Pb, Zn			
		9	158	Ag		
			90	Cu		
			49	Ni		
			12.7	Co		
			1.0	Sn, Mn		
			≤ 0.5	Ba, V, Pb, Zn, Zr, Sr		
		10	151	Cu		Прожилково-вкрапленные руды в габбродолеритах
			100	Ni		
			43	Ag		
			9	Cr		
			8.2	Co		
			1.8	Mn		
			1.5	Zn, Sn		
			0.8	Pb, V		
		≤ 0.5	Ba, Zr, Sr, Ti			
		2	188.7	Cu	Зона брекчий - «медистые» руды в роговиках Скв. 806, инт. 580-660 м	
			25	Sr		
			6.5	Ag		
			5.3	Ni		
			3.4	Mo		
			1.7	Ba		
		≤ 0.5	Zr, Ba, V, Ti, Sn, Co			
		40	197	Cu	Прожилково-вкрапленные руды в скарнированных габбродолеритах и роговиках верхнего контактового ореола Хараелахского интрузива	
			54.7	Ni		
			4.2	Ag		
			3	Mn		
			2.1	Sr		
			1.85	Cr		
			1.1	Pb, V		
			0.8	Ti, Sn		
		≤ 0.5	Zr, Ba, Zn, Mo			
		93	209.0	Cu	Ореол подинтрузивного контактового ореола роговиков в терригенных отложениях разведочной свиты (D_{1-2} rz). Роговики <i>Pl – Cor – Ort – Qu – Bi co Shp, Mt, Rut</i> . В ксенолитах и узкой приконтактной зоне роговики <i>Cor-Pl с Mul</i> ; альбитовые и биотитовые полевошпатовые метасоматиты. Тела экзоконтактных руд мощностью 10–40 м (горизонты «медистых руд»). Роговики несущие вкрапленное оруденение чередуются с прослоями безрудных ангидритов и рудными метасоматитами, состоящими на 50–70 % из сульфидов валлериитового и <i>Po-Cp</i> составов. Содержание <i>Cu</i> – 6.6 %, <i>Ni</i> – 2.65 %.	
			107.0	Ni		
			8.1	Co		
3.3	Cr					
1.9	Sr					
1.8	Mn					
1.6	Pb, Zn					
1.2	Sn					
0.8	V					
≤ 0.5	Ti, Mo, Zr, Ba					

Продолжение таблицы 2.11

ГХТ	Область ореола	n	Формула геохимической ассоциации		Геологические условия образования первичных ореолов
			Kk =	МЭ	
1	2	3	4	5	6
Медно-никелевые с серебром	аномалии	40	373.0	Cu	Сплошные руды халькопирит-пирротиновых
			192.0	Ni	
			12.0	Co	
			4.0	Cr	
			3.0	Pb	
			2.2	Zn	
			2.0	Sr	
			1.7	Mn	
			1.3	Sn	
			0.8	V	
		≤ 0.5	Ti, Mo, Zr, Ba, Y, Yb		
		8	377	Cu	Сплошные руды пирротин-кубанитового состава. Скв. 575-852, инт 660-720м Км Cu, Ni, Ag =1
			186	Ag	
			135	Ni	
			13.6	Co	
			9.3	Cr	
			5.4	Pb	
			1.0	Mn, V,	
		≤ 0.5	Ti, Mo, Zr, Ba		
		8	485	Cu	Сплошные руды пирротин-кубанитового состава. Скв.596, инт 440 - 460 м
			166	Ni	
			54	Ag	
			2.6	Co	
			2.4	Pb	
			2	Mn	
			1.5	Sr	
			0.9	Zn, Sn	
		≤ 0.5	Ti, Mo, Zr, Ba, Cr		
		17	531	Cu	Сплошные руды пирротин-кубанитового состава. Скв. 586, инт 960-1000 м Км Cu, Ni, Ag =1
			85.7	Ni	
			72.4	Ag	
			12.7	Co	
			2.3	Zn	
			1.4	Sn, Mn,	
			1.12	V, Ba, Mo	
		≤ 0.5	Sr, Ti, Zr, Cr, Pb		
		14	653	Cu	Сплошные руды халькопирит-моихукитовые, скв. 806-575, инт 570-640 м Км Cu, Ni, Ag, Co =1
			649	Ag	
			324	Ni	
			6.1	Zn	
4.1	Co				
2.0	Pb				
1.6	Mn, Mo, Sn				
≤ 0.5	V, Ti, Cr, Zr, Ba				

Окончание таблицы 2.11

ГХТ	Область ореола	n	Формула геохимической ассоциации		Геологические условия образования первичных ореолов	
			Кк =	МЭ		
1	2	3	4	5	6	
Медно-никелевый с серебром	аномалии	5	725	Cu	Сплошные руды кубанитовые, скв. 806-575 инт 520 - 550 м	
			460	Ni		
			45.2	Ag		
			2.3	Sn		
			1.5	Co		
			1.1	Mn, Mo, Pb,		
			≤ 0.5	Sr, Ti, Zr, Cr, Pb, Ba		
		14	867	Ag		Сплошные руды халькопирит-моихукитовые, Скв.575, инт 700-730м Км Cu, Ni, Ag =
			428	Cu		
			183	Ni		
			9.0	Co		
			6.32	Pb		
			5.57	Zn		
			2	Mn, Mo		
	≤ 0.5	Sr, Ti, Zr, Cr, Ba				

Глава 3. Геохимическая специализация промышленно - генетических типов оруденения

В месторождениях Талнахского рудного узла выделено три промышленно-генетические типы оруденения: магматическое сульфидное платиноидно-медно-никелевое вкрапленное в интрузиве и сплошное (рис. 3.1; Фото 1-4, 7), магматическое малосульфидное платинометальное, метасоматическое сульфидное платиноидно-никелево-медное (прожилково-вкрапленные руды «медистые руды) (см. рис.3.1, Фото 5 – 6)), пирит-магнетитовое и полиметаллическое. Геохимические ассоциации рудных образований объединены в пять типов конструкций, которые уверенно согласуются с минеральным составом руд и могут быть поставлены в соответствие тому или иному промышленно-генетическому типу оруденения.

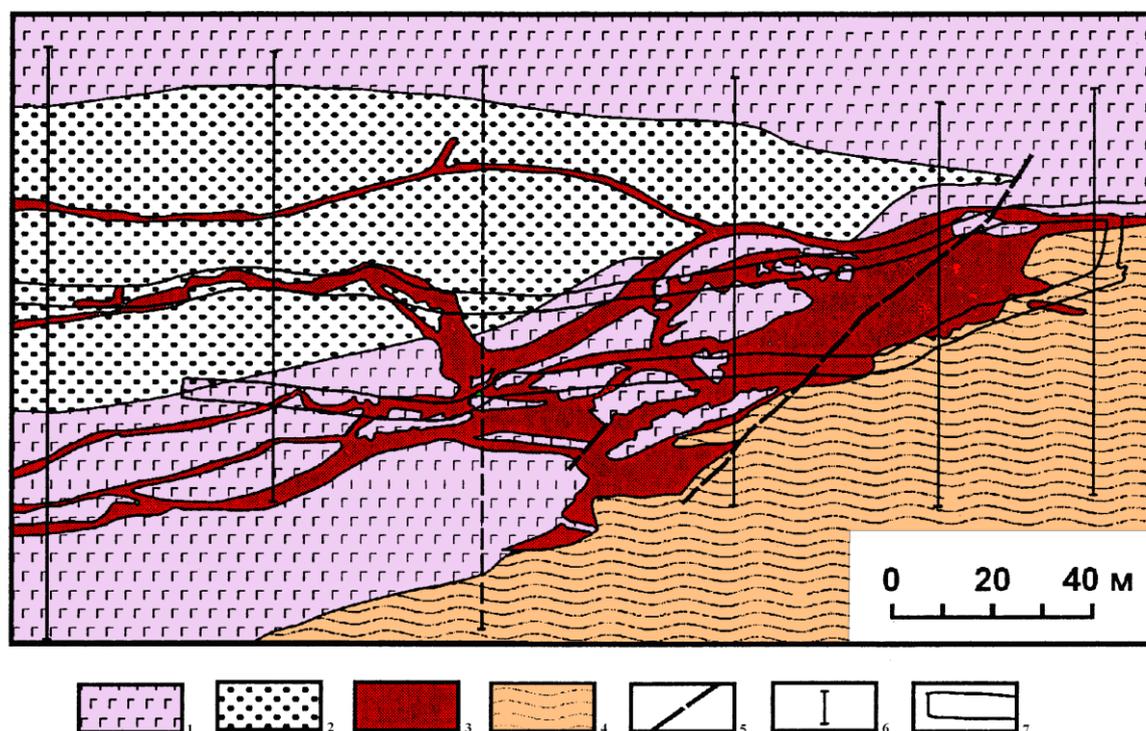


Рис. 3.1. Строение рудоносной зоны на флангах Октябрьского месторождения (по материалам Рябикина В.А. и Торгашина А.С., 2007): 1 – габбродолериты рудоносного интрузива с вкрапленным оруденением; 2 - прожилково-вкрапленные руды «медистые руды»; 3 – сплошные руды; 4 – породы девона; 5 – разрывные нарушения постинтрузивные; 6 – профиль; 7 - подземные выработки

Магматические сплошные руды



Фото 1. Пирротиновый тип - халькопирит-пирротиновая минерализация



Фото 2. Кубанитовый тип – халькопирит кубанитовая минерализация (видна структура распада кубанита)

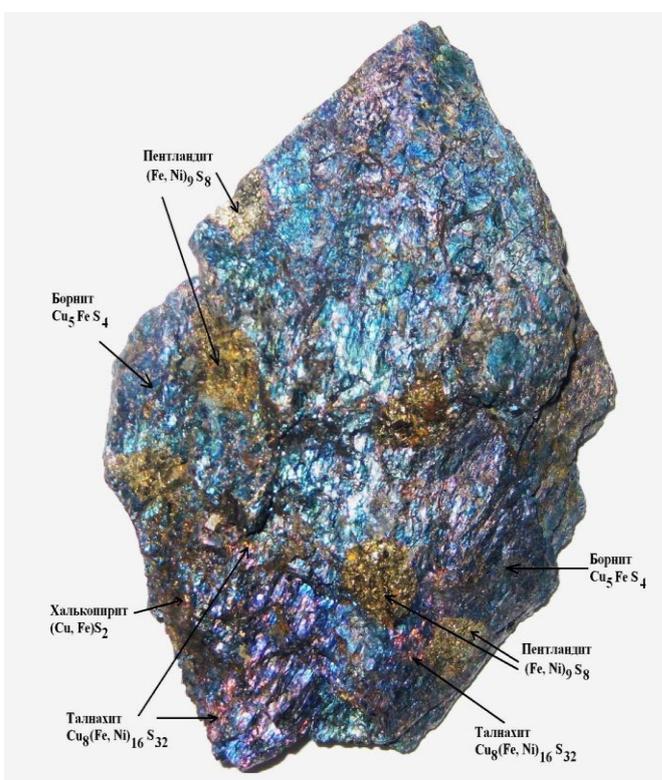


Фото 3. Халькопиритовый тип: пентландит – талнахит – борнитовая минерализация

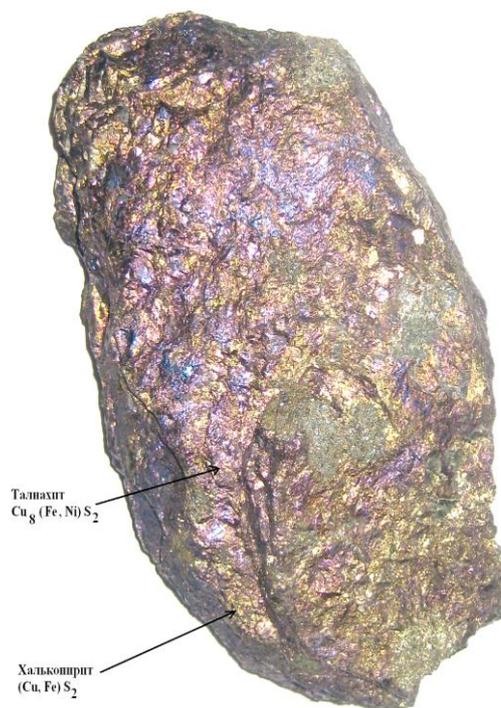


Фото 4. Халькопиритовый тип: талнахит-халькопирит-моихукитовая минерализация

**Метаморфо – метасоматическое оруденение.
Прожилково-вкрапленное «медистое»**



Фото 5. В ангидритах мантуровской свиты (D₂mt) Октябрьское месторождение.



Фото 6. В роговиках тунгусской серии (C₂-P₂). Талнахское месторождение.

Магматическое оруденение вкрапленное в интрузиве

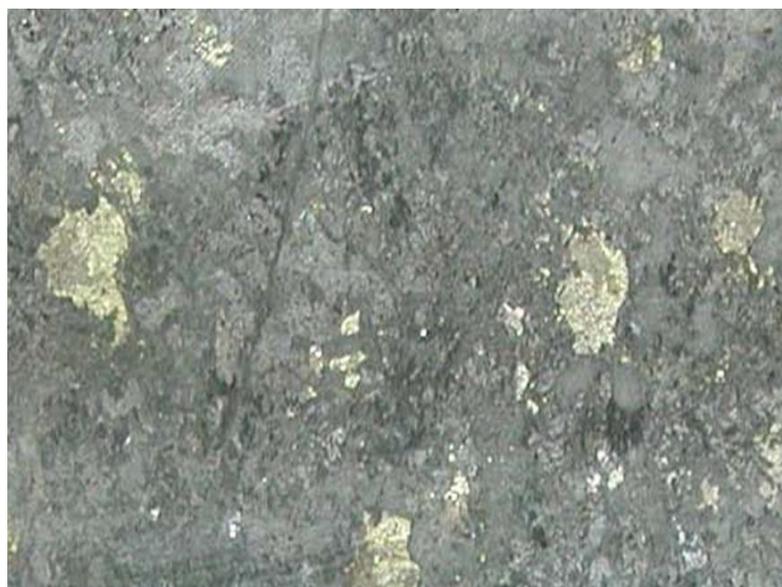


Фото 7. Сульфидная вкрапленность пирротин-халькопиритового состава в пикритовых габбродолеритах

3.1. Магматическое сульфидное медно-никелевое с платиноидами оруденение

Магматические сульфиды слагают вкрапленность в интрузивах, залежи, жилы и импреньяции в нижнем эндоконтакте этих интрузивов и в подстилающих роговиках, а также жилы, отходящие от рудоносных интрузивов до 800 м (см. рис. 3.1, рис. 3.2).

Магматическое сульфидное медно-никелевое с платиноидами оруденение сплошного типа по минеральному составу подразделяется на пирротиновое, кубанитовое и халькопиритовое (халькопирит, талнахит, моихукит).

Сплошные руды пирротинового состава маркируются аномалиями Ni – Cu – Ag – Co (Ni>Cu >Ag), для халькопиритовой (халькопирит, талнахит, моихукит) характерны Cu – Ag – Ni – Co (Cu>Ag>Ni или Ag>Cu>Ni), и кубанитовой – аномалии Cu – Ni – Ag – Co (Cu>Ni>Ag) (табл. 2.11, 2.12; см. рис. 3.2). В аномалиях коэффициенты минерализации Cu, Ni, Ag равны 100. Между аномалиями отмечена высокая корреляционная связь (R = от 0.85 до 1.0) (рис. 3.3).

Таблица 3.1

Состав геохимических аномалий сплошных руд Октябрьского месторождения

(по данным обработки аналитических данных методом «ГЕОСКАН»)

Скважина	Тип руд	Рудная минерализация	аномалия	
			положительная специализация	отрицательная специализация
596	густо-вкрапленные	Ср-Ро-Пир	13Co-11Ni-4Cu-1.7Ag	Ba, Zr, V, Cr, Sr
806	сплошные	Ср-Тl (Ср-Мh)	653Cu-649Ag-324Ni- 6.1Zn-4Co	Ba, Zr, Ti, Sr
806	сплошные	Cub	725Cu-460Ni-457Ag	то же
575	сплошные	Ср-Тl (Ср-Мh)	867Ag-428Cu-183Ni-9Co-	Cr, Ti, Ba, Sr
575	сплошные	Ср-Тl (Ср-Мh)	377Cu-186Ag-135Ni-13.6Co-9.3Cr-5.4Pb	Ba, Zr, Sr
852	сплошные	Cub	531Cu-86.7Ni-72Ag-13Co	то же
586	Прожилково-вкрапленные	Cub	167Cu-89Ni-15.3Ag-5.8Co-5.5Cr-3Sn	Ti, Zr
891	Прожилково-вкрапленные	Ср-Ро	90-151Cu-78-100Ni-143Ag-5.6-9Cr-5.3- 8.2Co-2.3Zn-2.2Pb	Ti-Sr-Ba-Zr
1152	сплошные	Ро	237Ni-217Cu-28.5Ag-12Co-5.2Cr-2.3Zn- 2.2Pb-2.2Mn-2Sn	V, Zr, Ti

Примечание: Ро – пирротин, Ср – халькопирит, Cub – кубанит, Тl – талнахит, Мh – моихукит.

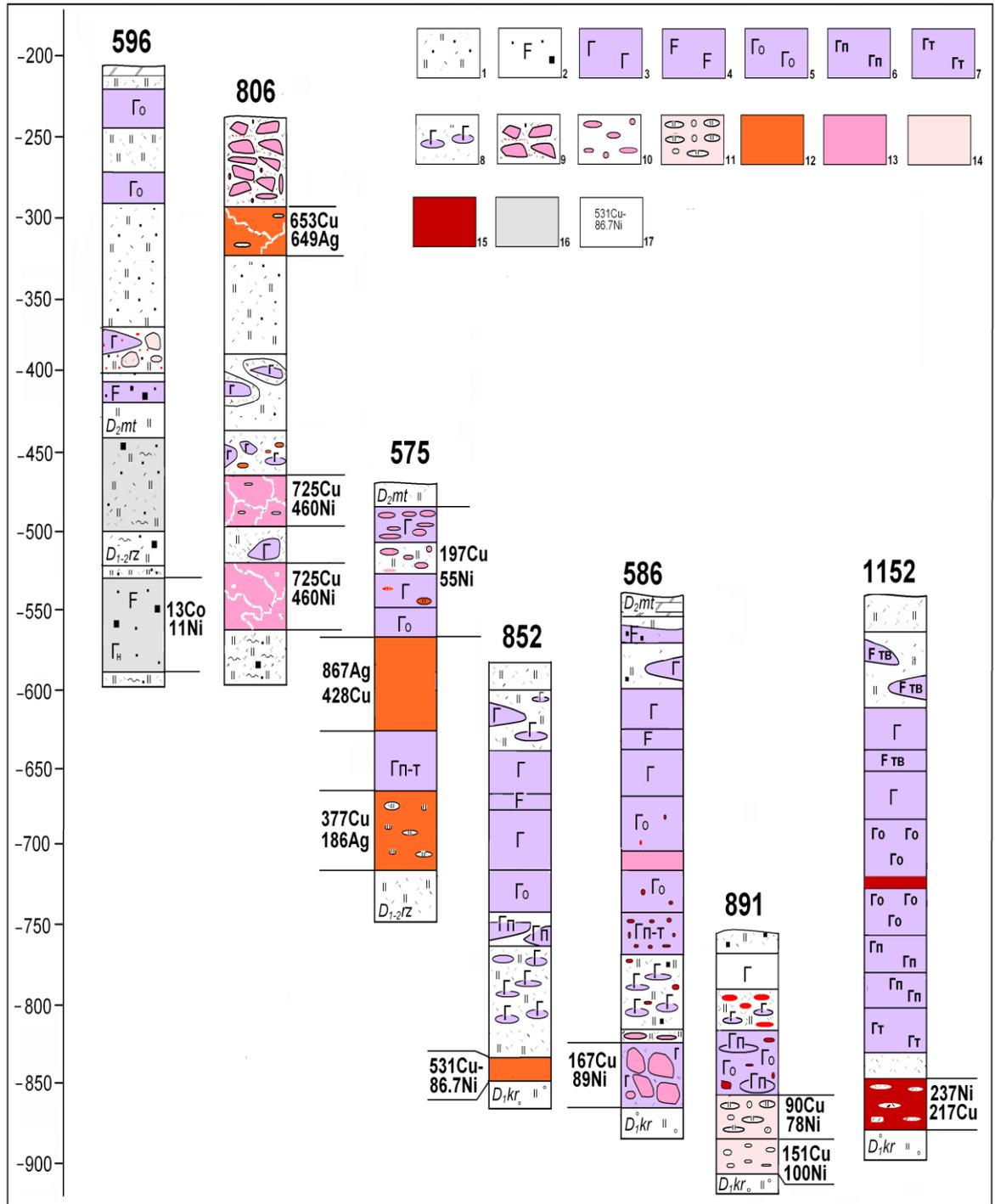


Рис. 3.2. Зональность медно-никелевого с платиноидами оруденения Октябрьского месторождения: 1 – роговики; 2 – 7 – габбродолериты Хараелахского интрузива: 2 – лейкогаббро с пиритовой минерализацией; 3 – габбро-диориты; 4 – лейкогаббро; 5 – оливиновые; 6 – пикритовые; 7 – такситовые; 8 – "блуждающие тела" габбро; 9 – 10 – прожилково-вкрапленные руды: 9 – брекчиевидные, 10 – вкрапленные в интрузиве, 11 – руды с ксенолитами роговиков; 12–16 – рудная минерализация: 12 – халькопиритовая (халькопирит, моихукит, талнахит), 13 – кубанитовая, 14 – халькопирит-пирротиновая, 15 – пирротиновая, 16 – пиритовая с халькопиритом, магнетитом, пирротином; 17 – состав геохимической аномалии

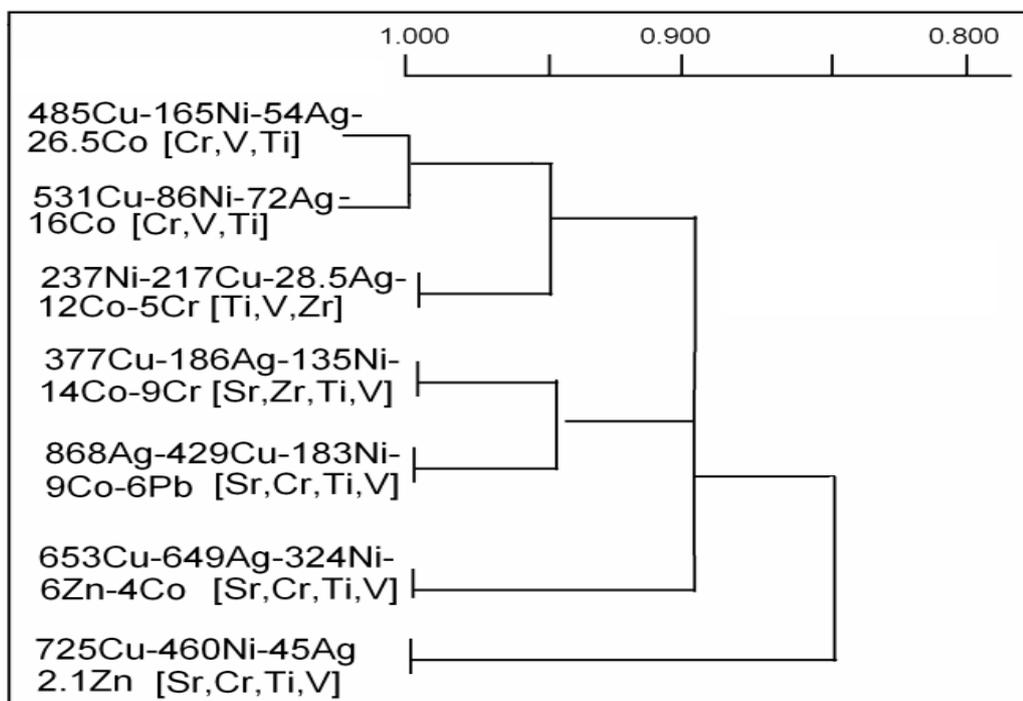


Рис. 3.3. Граф связей соотношения аномалий в структуре геохимического поля сплошных руд (цифрами указаны значения коэффициентов концентрации химического элемента: зона «привноса» 485 Cu-165Ni-26.5Co-2.4Pb-1.5Sr; [Cr, V, Ti] – зона «выноса» - отрицательная аномалия)

Геохимическая зональность рудной зоны в пределах изученного участка фронтальной части Октябрьского месторождения позволила подтвердить, что наиболее продуктивной областью является осевая зона Хараелахского интрузива, где руды обогащены Cu и Ag. Здесь в аномалиях рудных образований наблюдаются максимальные концентрации Cu (KK до 725, Ni/Cu = от 0,5 до 0,3) и Ag (KK до 649-867). Геохимическая зональность сплошных руд обусловлена сменой минеральной зональности в направлении выклинивания рудных тел.

Вкрапленные руды, образуются в результате сегрегации сульфидов из сульфидно-силикатного магматического расплава в ходе его дифференциации и кристаллизации в магматической камере. Располагаются в нижних дифференциатах интрузивного тела: пикритовых, такситовых и контактовых габбродолеритах. Зональность вкрапленного сульфидного оруденения в габбродолеритах показана на рис. 3.4. Редкая (до 5%) вкрапленность преимущественно пирротинового состава в габбродолеритах безоливиновых, оливинсодержащих, оливиновых маркируется слабоконтрастными аномалиями (Kk_{Ni} до 4). Здесь в геохимических ассоциациях отмечается значительное преобладание хрома над ме-

дью и кобальтом. В горизонтах вкрапленных руд в пикритовых, такситовых и контактовых габбродолеритах выделены аномалии, в геохимических ассоциациях которых K_{Ni} достигает значений 35 (см. табл. 2.11), K_{Cu} увеличиваются до 5 – 8. То есть, зональность вкрапленного сульфидного оруденения отражает последовательное нарастание содержаний меди по мере приближения к горизонтам сплошных руд.

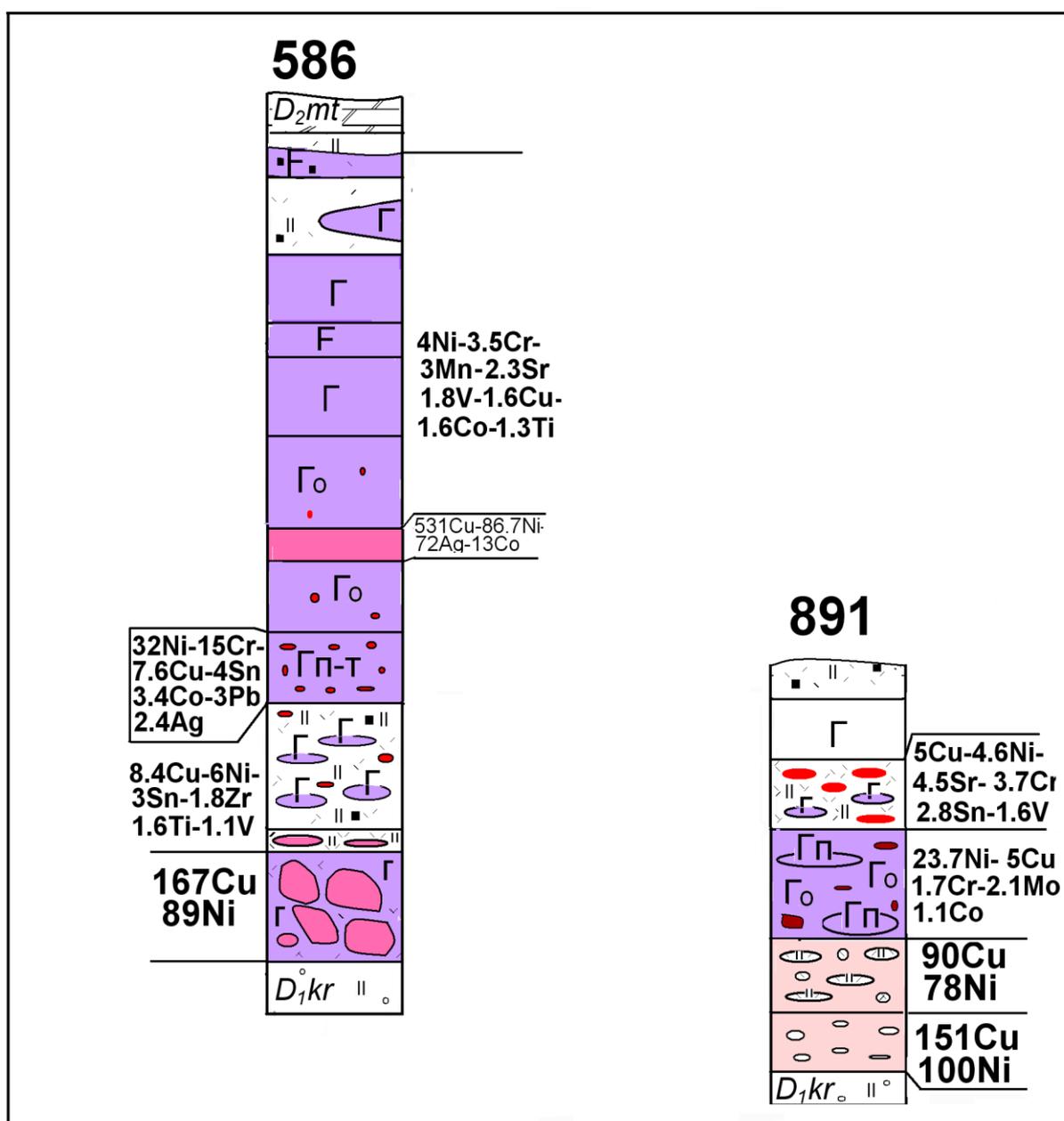


Рис. 3.4. Зональность сульфидного оруденения в габбродолеритах Хараелахского интрузива (усл. обозначения на рис. 3.2)

3.2. Малосульфидное платинометальное оруденение

Малосульфидное платинометальное оруденение, связанное с бедным сульфидами хромитоносным такситовым габбро. Платиноносный горизонт входит в состав верхней габбровой серии норильских интрузивов и отделен от основных рудоносных горизонтов значительным по вертикали промежутком безрудных пород (рис. 3.5). В породах данного специфического "слоя" наблюдается концентрирование хрома и развитие платиновой минерализации.

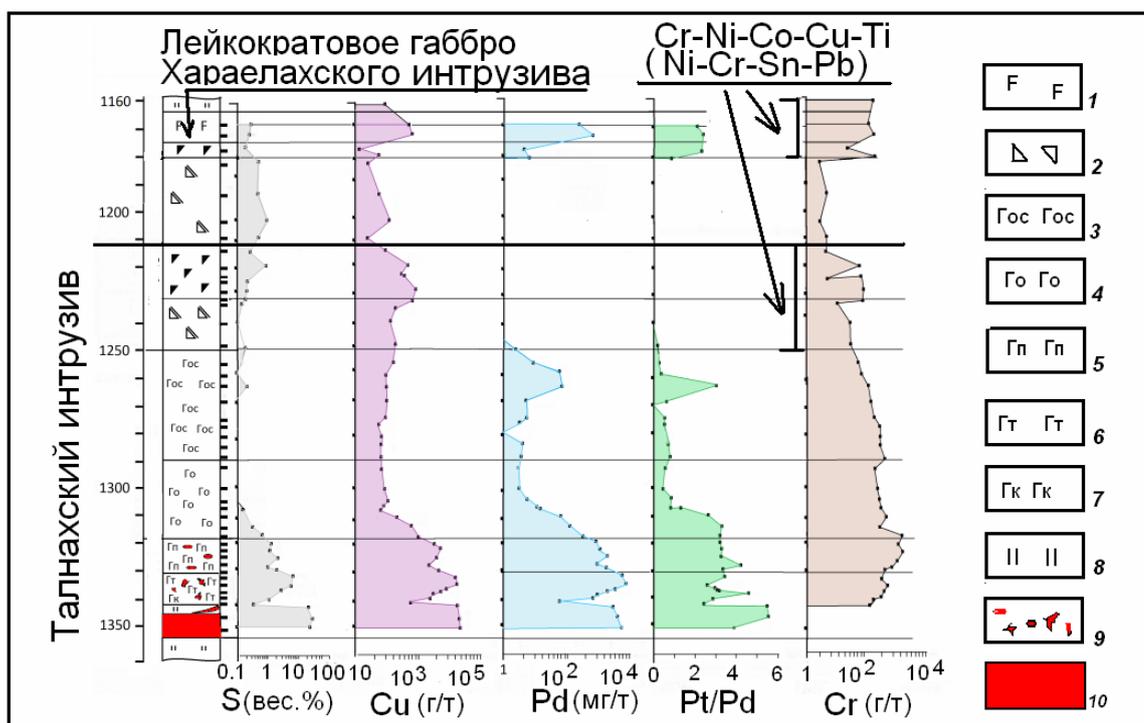


Рис. 3.5. Геохимическая специализация малосульфидного платинометального оруденения, в хромитоносных такситовых габбро (по материалам Czamanske et al., 1995 с изменениями): 1 - лейкогаббро; 2 - магнетитовое габбро; 3 - оливинсодержащие габбродолериты; 4 - оливиновые габбродолериты; 5 - пикритовые габбродолериты; 6 - такситовые габбродолериты; 7 - контактовые габбродолериты; 8 - роговики; 9 - вкрапленные сульфиды; 10 - массивные руды

В составе хромитовых скоплений встречаются сульфиды. В верхней части разреза хромитоносного такситового габбро с пирротинем и халькопиритом сульфидная минерализация присутствует постоянно в количестве от 1-2%. В нижней части разреза сульфидная минерализация (до 5-7%) представлена парагенетической ассоциацией пирита, никель-кобальтсодержащего пирита и халькопирита с включениями сфалерита. В сульфидных агрегатах встречаются са-

морозное серебро и минералы платиновых металлов. Содержание Pd достигает 8,4 г/т, Pt до 3,7 г/т. Геохимически породы специализированы на хром-никель, для них характерны полиэлементные аномалии $39.0\text{Cr} - 27.5\text{Ni} - 6.0\text{Co} - 2.0\text{Cu} - 1.5\text{Ti} - 1.2\text{Zn}$ и $16\text{Ni} - 8.7\text{Cr} - 1.9\text{Sn} - 1.4\text{Pb}$. (см. табл. 2.9, 2.11).

Образование в габброидах платиноносных горизонтов является отражением процесса, который перераспределяет платиновые металлы и обуславливает их концентрирование вне видимой связи с основной массой сульфидного вещества в нижних горизонтах стратифицированных интрузивов и в массивных сульфидных рудах (Служеникин С.Ф., Дистлер В.В., Дюжиков О.А. и др. 1994, с. 195-217; Додин Д.А., 1988, 2000, 2002 и др.).

Отмечается генетическая близость платиноносных горизонтов приуроченных к интрузивам Бушвельд и Стиллуотер и хромитосодержащего горизонта в рудоносных интрузиях норильского типа (месторождения Норильского и Талнахского рудных узлов) (Дюжиков, Дистлер, 1988).

3.3. Метасоматическое оруденение

3.3.1. Метаморфо- метасоматическое с сульфидным платиноидно-никелево-медным оруденением прожилково-вкрапленное оруденение

Метаморфическое с сульфидным платиноидно-никелево-медным оруденением – прожилково-вкрапленные «медистые» руды выделяется в ороговикованных и скарнированных породах верхнего- нижнего экзоконтактов сплошных руд и в габбродолеритах интрузивов (см. рис.3.1, рис. 3.2, рис. 3.6). Маркируются аномалиями, в которых коэффициенты концентрации рудообразующих элементов изменяются в пределах от 35 до 200 (см. табл. 2.11, 2.12). Наиболее контрастные аномалии $\text{Cu} - \text{Ag} - \text{Ni} - \text{Co}$ приурочены к прожилково-вкрапленным «медистым» рудам в ороговикованных и скарнированных породах (см. рис. 3.2, 3.6).

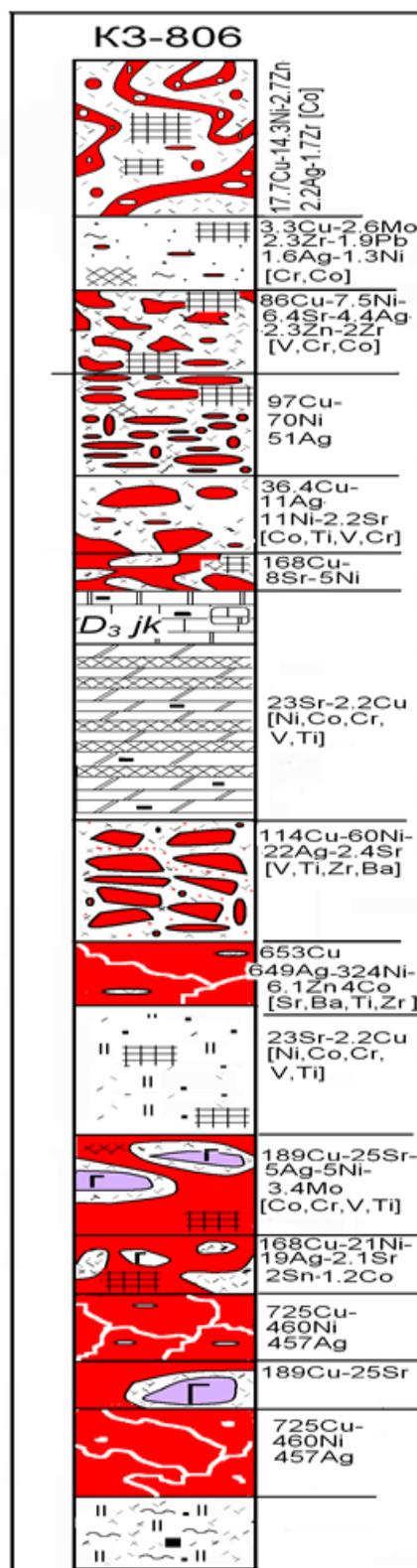


Рис. 3.6. Зональность горизонта прожилково-вкрапленных («медистых») руд (условные обозначения на рис. 3.2)

В геохимических ассоциациях данных аномалий постоянно присутствует стронций (Кк от 2.4 до 24.0), который связан в высококальциевыми минералами вмещающих оруденение породами. Наибольший поисковый интерес вызывает

зональность рудной зоны прожилково-вкрапленных «медистых» руд скв. 806 в осевой части фронтальной зоны Хараелахского интрузива, где оруденение связано с псевобрекчиями, развитых по всему разрезу. Здесь выделяются экстремально высокие содержания меди и серебра (рис. 3.6).

3.3.2. Магнетитовое оруденение в экзоконтактовых рудах

Характерной формой нахождения магнетита совместно с пирротинном и халькопиритом в прожилково-вкрапленных и брекчиевидных экзоконтактовых рудах являются мелкие зерна, преимущественно располагающиеся по границе сульфидов с силикатными минералами вмещающих пород, но встречающиеся и в самих сульфидах. Магнетиты из прожилково-вкрапленных руд обогащены Ti, Cr, Ni, а из брекчиевидных руд – V, Al, Mn, Mg. Состав магнетита приведен в таблице 3.2.

Таблица 3.2

Состав магнетита из прожилково-вкрапленной в габбродолерите и брекчиевидной руд экзоконтакта интрузива
(вес. %, рентгеновский микроанализ)

Кол-во анализов	V ₂ O ₅	TiO ₂	Al ₂ O ₃	Cr ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	MnO	Mg O	NiO
Пр-вк	0-0,70	2,1-8,7	0-1,5	0,57-9,10	43,40-62,2	0- 0,50	0,87-1,3	0,17-0,40
Брек.	0,07-0,1	0,56 1,45	2,26-3,4	-	90,8-91,17	0,87-1,24	2,25 2,60	0,06-0,15

Примечание: Пр-в - прожилково-вкрапленные, Брек. - брекчиевидных

В приразломной зоне Норильско-Харелахского нарушения в области выклинивания сплошных халькопирит-пирротинных руд прожилково-вкрапленные и брекчиевидные руды, содержащие магнетитовую минерализацию, фиксируются аномалиями 5Ti - 2.9Cu - 2.5Ni - 2,1Ba - 1.7Cr - 1.6Co - 1.7V - 1.2Mn и 4,9Ti - 2.7Ba - 2.6V - 1.4Co - 1.3Cr - 1.2Cu - 1.2Ni - 0.9Mn (скв. 471) (рис. 3.7 табл. 2.6). Во фронтальной части месторождения данный тип руд представлен аномалиями 3.1Ti - 1.6V - 1.5Co - 1.4Ba - 1Cu. (скважины КС-20, -21) (рис. 3.7). Прожилково-вкрапленное пирит-магнетитовое с пирротинном оруденение в

измененных габбродолеритах, магнезиальных и известковистых скарнах фиксируется аномалиями Ti – Co (скв. КС-19) (см. рис. 3.7). Присутствие аномалии титана и магнетитового оруденения в околоинтрузивных изменениях является одним из признаков на медно-никелевые руды (Золотухин, 1978). Магнетит в данном типе руд в отдельных случаях содержит 6,6 - 7,24 г/т Pt.

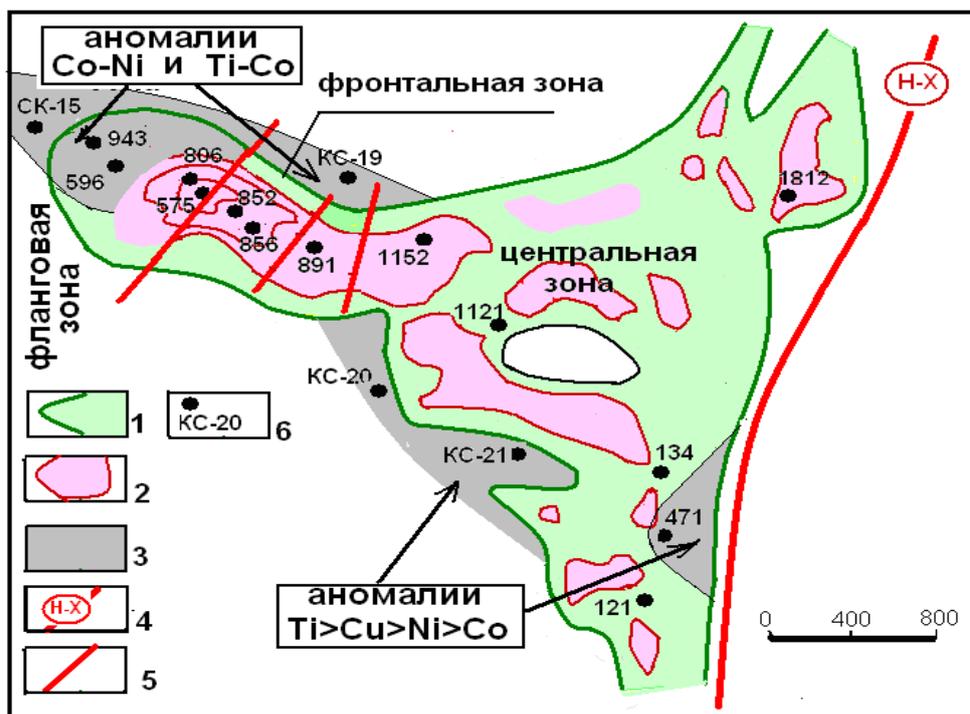


Рис. 3.7. Распределение аномалий магнетитовой и пиритовой минерализации на площади Октябрьского месторождения (по материалам ПО «Норильскгеология» с изменениями): 1 – границы рудоносного интрузива; 2 – границы тел сплошных руд; 3 – экзоконтактовые магнетитовые и пиритовые руды; 4 – зона главного шва Норильско-Хараелахского разлома; 5 – постинтрузивные тектонические нарушения; 6 - скважины

3.3.3. Метаморфо- метасоматическое пиритовое оруденение

В рудах месторождений Норильского района пирит в небольших количествах встречается во всех типах руд, но наиболее широко он представлен в прожилково-вкрапленных экзоконтактовых рудах, где в отдельных участках является преобладающим сульфидом и находится в тесном срастании с магнетитом. Помимо обычного пирита постоянно присутствуют его никель- и кобальтсодержащие разновидности, содержащие в своем составе Ni до 10,8% и Co до 9,1%. Количественное соотношение, взаимное расположение зон и со-

держание в них никеля и кобальта могут варьировать. В одних случаях наиболее высокие содержания никеля, других – кобальта. В магнетитах поздних генераций, находящихся в ассоциации с пиритом, титан обнаруживается в небольших количествах (0,3 вес.%), а ванадий может отсутствовать вообще. В этих магнетитах установлены наиболее высокие содержания марганца - 1,76% (ассоциация магнетит + пирит) и никеля - 0,47%. В данном случае аномалии магнетит-пиритового оруденения представлены геохимическими ассоциациями 4.5Ni-2.5Co и 13Co-11Ni (рис. 3.8, табл. 2.6, 2.10, 2.11).

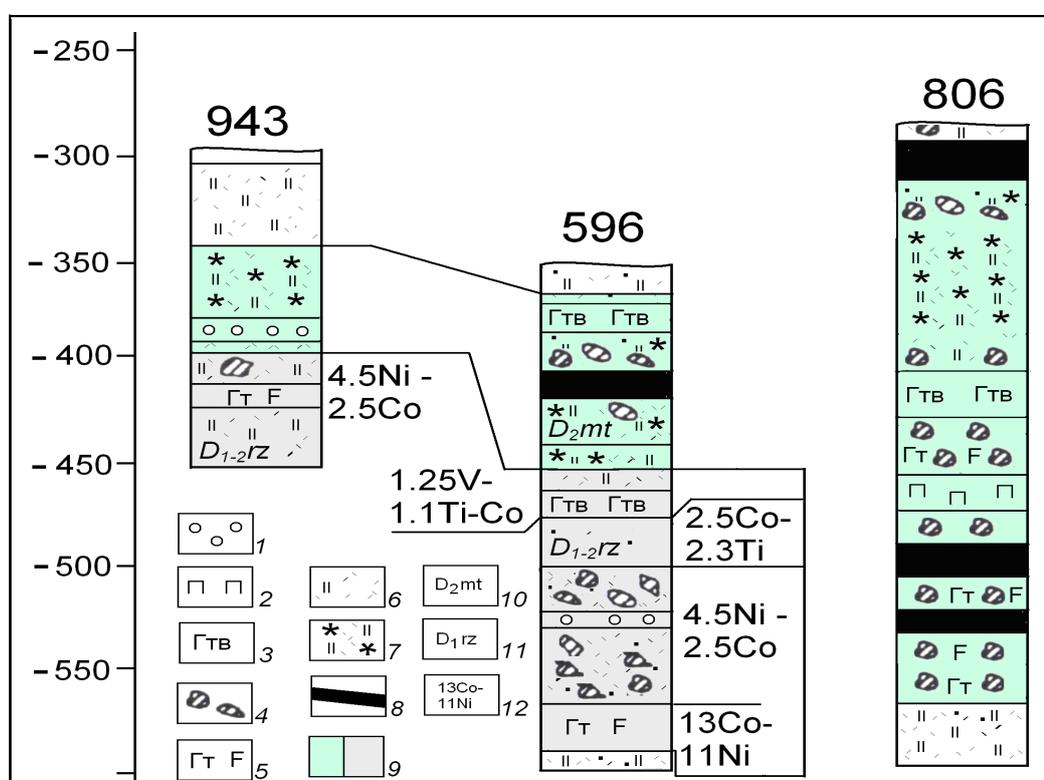


Рис. 3.8. Пространственное размещение ореолов пирит-магнетитовой минерализации на западном фланге Октябрьского месторождения: 1 - 8 габбродолериты: 1 - оливиновый, 2 – пикритовый; 3 - такситовидный, 4 - магматогенная брекчия; 5 - такситовый и лейкогаббро; 6 – скарнированные породы; 7 – роговики и скарны с прожилково-вкрапленным оруденением; 8 - сульфидные жилы; 9 – минерализация а) – халькопиритовая; б) пиритовая и магнетитовая; 10 - 11 – вмещающие породы: 10 - сульфатно-карбонатные отложения мантуровской свиты; 11 – алюмосиликатные разведочнинской свиты; 12 - формула геохимической ассоциации, цифрами указаны значения коэффициентов концентрации

Рассеянная пиритовая минерализация с магнетитом и халькопиритом в силах измененных скарнированных габбродолеритов (мощностью до 5 м) и их контактовых ореолах фиксируется аномалиями V -Ti - Zn. По данным ГЕОСКАН ано-

малии V - Ti (V - Pb) не образуют значимых корреляционных связей с аномалиями $5\text{Cu} - 4.6\text{Ni} - 4.5\text{Sr} - 3.7\text{Cr}$ во вкрапленных и прожилково- вкрапленных («медистых») рудах (рис. 3.9, табл. 2.10).

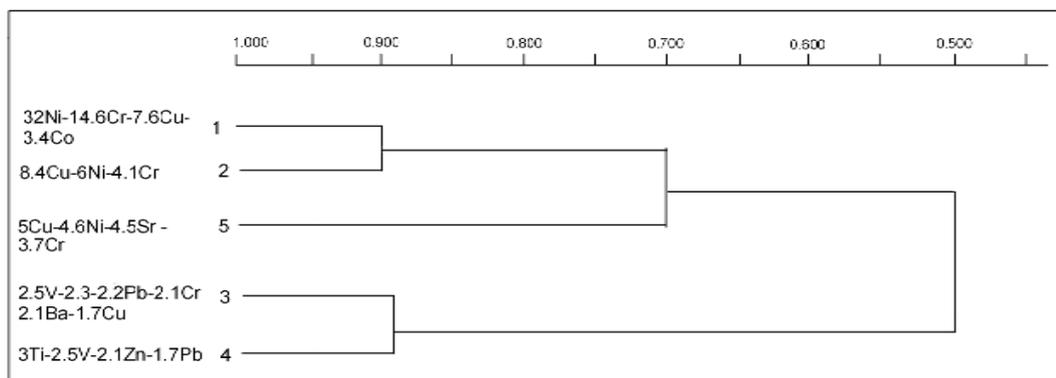


Рис. 3.9. Граф связей соотношения аномалий Cu-Ni (или Ni-Cu) и V-Ti (или V-Pb) в структуре геохимического поля рудной минерализации (цифрами указаны значения коэффициентов концентрации химического элемента): 1-2 - вкрапленные руды в габбродолеритах: 1- пикритовых, 2 – такситовых; 3-4 – измененные габбродолериты с пиритовой минерализацией; 5 – прожилково-вкрапленные руды в габбродолеритах и известковистых скарнах

3.3.4. Полиметаллическая минерализация

В зонах разломов, где отмечаются кальцитовые прожилки содержащие, пирит, сфалерит и галенит, фиксируется аномалиями и зонами рассеянной минерализации Zn – Pb – Mo – Co или Zn – Co – Ti – Mo (см. табл.2,7, 2.8).

Выводы (Первое защищаемое положение). В Талнахском рудном узле выявлены геохимические ассоциации соответствующие трем промышленно-генетическим типам оруденения: магматическому сплошному сульфидному платиноидно-медно-никелевому Ni - Cu - Co (Cu – Ag – Ni или Ag – Cu – Cu – Ni); магматическому малосульфидному платинометалльному - Cr-Ni (или Ni-Cr); метасоматическому сульфидному платиноидно-никелево-медному (прожилково-вкрапленные руды «медистые руды) – Cu-Ni-Cr (Cu-Ni-Ag-Sr), пирит-магнетитовому - Co-Ti (Co-Ni и Ti-V), полиметаллическому Zn, Pb, Mo, Co.

Установлено, что к интенсивным геохимическим полям концентрирования Ag, Cu и Ni ($K_{\text{Ag, Cu}}$ до 800) относятся сплошные руды, образовавшиеся из самостоятельного сульфидного расплава. Экзоконтактовые прожилково-

вкрапленные руды метасоматического генезиса фиксируются менее контрастными аномалиями ($K_{Ag, Cu}$ 35-200). Вкрапленное в габбродолеритах оруденение (сегрегация сульфидов из силикатного магматического расплава) маркируются аномалиями с $K_{Cu и Ni}$ на превышающих значений = 35.

Малосульфидные платинометалльные руды, не имеющие связи с сульфидным медно-никелевым оруденением, фиксируются аномалиями Cr-Ni.

Оруденение пирротин-халькопирит-магнетитового состава присутствует в основном в эндо-экзоконтактных зонах выклинивающихся рудных тел и фиксируется слабоконтрастными (K до 7) аномалиями Co-Ni (Ni-Co), Ti-Cu-Ni-Co, Ti-Co, Ti-V-Zn.

Малосульфидные платинометалльные руды, не имеющие связи с сульфидным медно-никелевым оруденением, фиксируются аномалиями Cr-Ni.

Полиметаллическое и пирит-магнетитовое оруденения, образовавшееся в постмагматическую стадию в условиях низкотемпературного гидротермального процесса, выделяется зонами рассеянной минерализации и областями с фоновыми содержаниями соответственно Zn – Pb – Mo – Co (или Zn – Co – Ti – Mo) и V -Ti – Zn.

Глава 4. Геохимическая специфика составляющих траппового магматизма и вмещающих отложений

Расчеты баланса металлов, проведенные В.А. Федоренко (В.К. Степанов и др., 1993), показали, что дефицит Cu и Pd в nd_{1-2} лавах на площади Талнахского рудного узла (400 км²) соответствует запасам этих металлов в рудах Талнахских месторождений. Был сделан вывод, что металлогенический потенциал Талнахской РМС определяется присутствием типично выраженных nd_{1-2} базальтов.

4.1. Геохимическая специализация пород эффузивной фации магматизма

Классификация и номенклатура базитов рассмотрены в работах многих авторов. При написании данного раздела автором цитируются опубликованные материалы Масайтиса В.Л. (1983), Федоренко В.А. (1983), Люлько В.А. и др. (Опорная легенда к геологической карте масштаба 1:50000. Серия Норильская. Норильск, 1993г), Рябова В.В. (2000), Налдрета А. Дж. (2003), Криволицкой Н.А. (2014), Радько В.А. (2016) и др.

Сибирский платобазальтовый магматизм охватывал площадь около 7 млн кв. км (Масайтис В.Л., 1983) (рис. 4.1). Крупнейшей областью интенсивного магматизма был расположенный на севере Сибирской платформы Тунгусский вулканический бассейн (мощность вулканитов 2000-3000 м), где лавы преобладают над туфами. Магматические породы Тунгусского бассейна представлены в основном толеитовыми лавами.

В отличие от него в Норильском районе, наряду с толеитовыми, развиты пикритовые и щелочные-субщелочные лавы, а также дифференцированные мафит-ультрамафитовые интрузии, несущие медно-никелевое оруденение. Возраст магматических пород наиболее достоверно определен в интервале $251 \pm 0,3$ Ма (Kamo et al., 2003; Лохов К.И. 2009; Когарко, Л. Н., 2011; Павлов В.Э., 2011). Вулканогенная толща Норильского района образована чередованием лавовых покровов (90%) и туфовых горизонтов (10%), число которых соответственно 200 и 30.

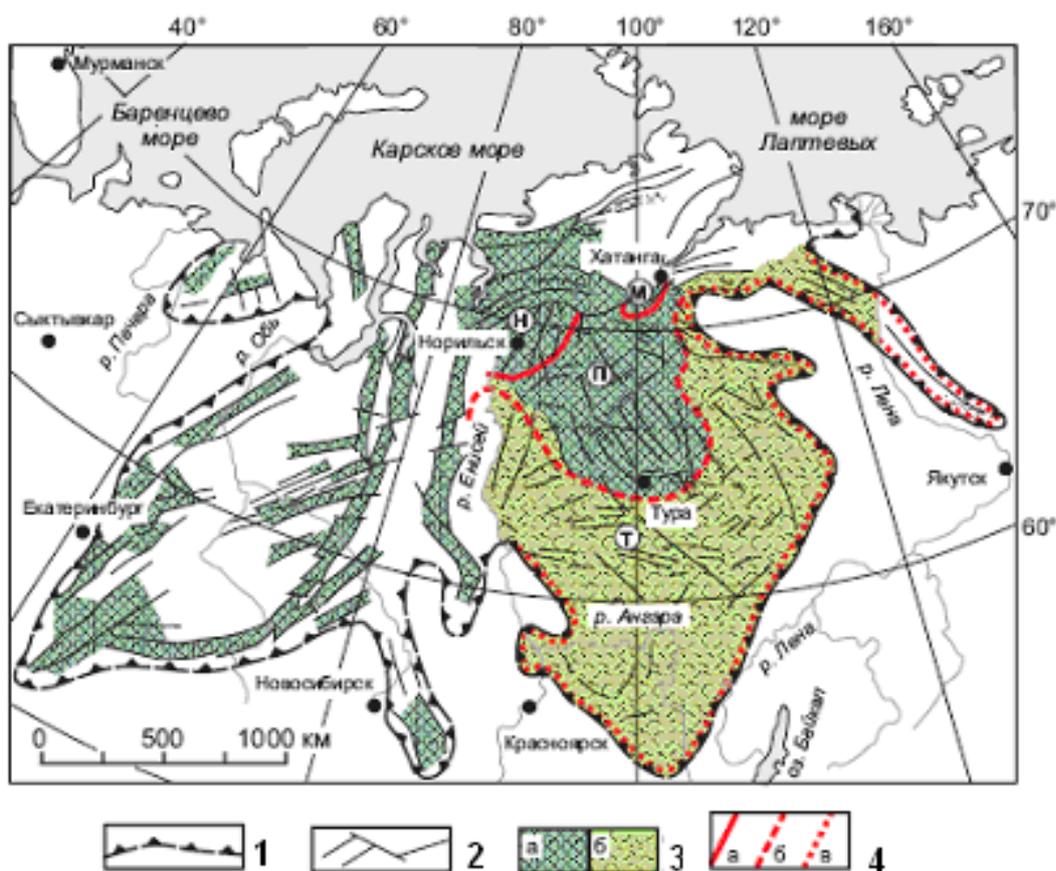


Рис. 4.1. Реконструкция Сибирской платобазальтовой провинции (по В.Л. Масайтису, 1983, с изменениями): 1 - ориентированные границы Сибирской платобазальтовой провинции; 2 – главные магмовыводящие зоны; 3 - области распространения вулканических образований (а – лавы, б – туфы и туффиты); 4 - границы областей весьма интенсивного (а), интенсивного (б) и умеренно интенсивного (в) магматизма. Районы: Н – Норильский; М – Маймеча-Котуйский; П - Путоранский; Т - Нижнетунгусский

Мощность покровов составляет 1 – 100 м (в среднем 15 м), туфовых горизонтов – 50 – 100 м (редко до 200 – 400 м). По результатам широкомасштабных площадных исследований строения и геологических особенностей разреза вулканической толщи (Радько В.А., 2016, с. 62 - 66) выделяется три этапа вулканизма, отличающихся существенной перестройкой структурного плана и изменением геохимических характеристик лав: ранний (ивакинско-гудчихинский), средний (хаканчанское – раннеморонговское время) и поздний (позднеморонговское – самоедское) время (рис. 4.2) Туфолововая толща сформировалась в течение девяти тектономагматических циклов, выражающихся в повторении активных и пассивных излияний магмы, соответствующих началу и концу одного цикла (Радько В.А., 2016, с. 62-66).

По предположению Криволуцкой Н.А. формирование пород туфо – лавовой толщи, происходило в течение четырех циклов (*iv – sv, gd, nd - tk, mr – sm*) и двух стадий – рифтогенной (*iv – sv - gd – nd*) и трапповой (*tk – mr – sm*), которые существовали одновременно в ранненадеждинское время (Криволуцкая, 2014, с. 64). Разрез толщи представлен 11 свитами (рис. 4.2, табл. 4.1).

Этап	Цикл	Возраст свита	Эффузивный комплекс
Поздний	VIII	T _{1sm}	Самоедский эффузивный базальтовый комплекс
		T _{1km}	Кумгинский эффузивный комплекс гломеропорфировых анортозитовых базальтов
	VII	T _{1hr}	Верхнехараелахский эффузивный базальтовый комплекс
			Нижнехараелахский эффузивный базальтовый комплекс
	VI	T _{1mk}	Моронговско-мокулаевский эффузивный комплекс базальтов и туфов
Средний	V	T _{1mr}	Туклонско-надеждинский эффузивный базальтовый комплекс
	IV	T _{1nd}	
		III	T _{1tk}
	T _{1hk}		Хаканчанский взрывной комплекс базальтовых туфов, туфобрекчий и туфолов
Ранний	II	T _{1gd₂}	Гудчихинский эффузивный комплекс пикритовых базальтов
		T _{1gd₁}	порфиновые базальты
	I	T _{1sv}	Сыверминский эффузивный комплекс толеитовых и порфировых базальтов
		P _{2iv}	Ивакинский эффузивный комплекс субщелочных титан-авгитовых базальтов, андезитов-базальтов, "лабродоровых" и "двуполевошпатовых и их туфов"

Рис. 4.2. Схематический обобщенный разрез туфолоавовой толщи Норильского района

По петро- и геохимическим свойствам туфолавовая толща делится на две части: нижнюю, включающую образования ивакинской – надеждинской свит отличающихся контрастным составом (дифференцированная серия лав) и верхнюю состоящую из вулканитов моронговской - самоедской свит со стабильными химическим составом.

Таблица 4.1.

Цикличность вулканогенных образований Норильского района
(по материалам В.А. Радько и Н.А. Криволицкой)

Цикл		Свита	Подсвита	Пачка	Мощность (м)	Фаши излияний	
Радько	Криволицкая						
IX	IV	Самоедская (<i>sm</i>)	-	Верхняя	260	активных	
				Средняя	320	пассивных	
Нижняя				60-100	активных		
VIII		Кумгинская (<i>km</i>)	-	-	-	170-190	активных
VII		Нижняя	Верхняя	180-230	активных		
			VI	Верхняя	Верхняя	5-40	активных
VI		Нижняя			Верхняя	32-110	активных
			VI	Верхняя	Верхняя	110-180	пассивных
VI		Нижняя			Верхняя	180-260	активных
	VI		Нижняя	Верхняя	108-140	активных	
VI		Нижняя		Нижняя	80-130	активных	
	V		Моронговская (<i>mr</i>)	Верхняя		175-320	пассивных
Нижняя				45-150			
IV	III	Надеждинская (<i>nd</i>)	Верхняя		25-150	пассивных	
			Средняя		75-260	пассивных	
			Нижняя		50-260	активных	
		Туклонская (<i>tk</i>)			80-220	активных	
III	II	Хаканчанская (<i>hk</i>)			18-25	пассивных	
		Гудчихинская (<i>gd</i>)	Средняя		50-190	активных	
II	Нижняя				48-120	пассивных	
		I	I	Сыверминская (<i>sv</i>)	-	-	84-195
I	Ивакинская (<i>iv</i>)			-	Верхняя	28-78	пассивных
		Средняя	40-70		пассивных		
		Нижняя	40-80		активных		

Лавы нижней части по составу относятся к щелочным, ультраосновным и нормальному ряду пород с повышенной кремнекислотностью. Лавы верхней части соответствуют породам нормального ряда (Криволицкая Н.А., 2014; Радько В.А., 2016).

Средние составы лав, подразделенных по стратиграфии, особенностям петрографического и геохимического состава приведены в Приложениях 1-4 (табл. 1-4). Вариации геохимических параметров по сводному разрезу вулканической толщи представлены на рисунках 4.3 и 4.4.

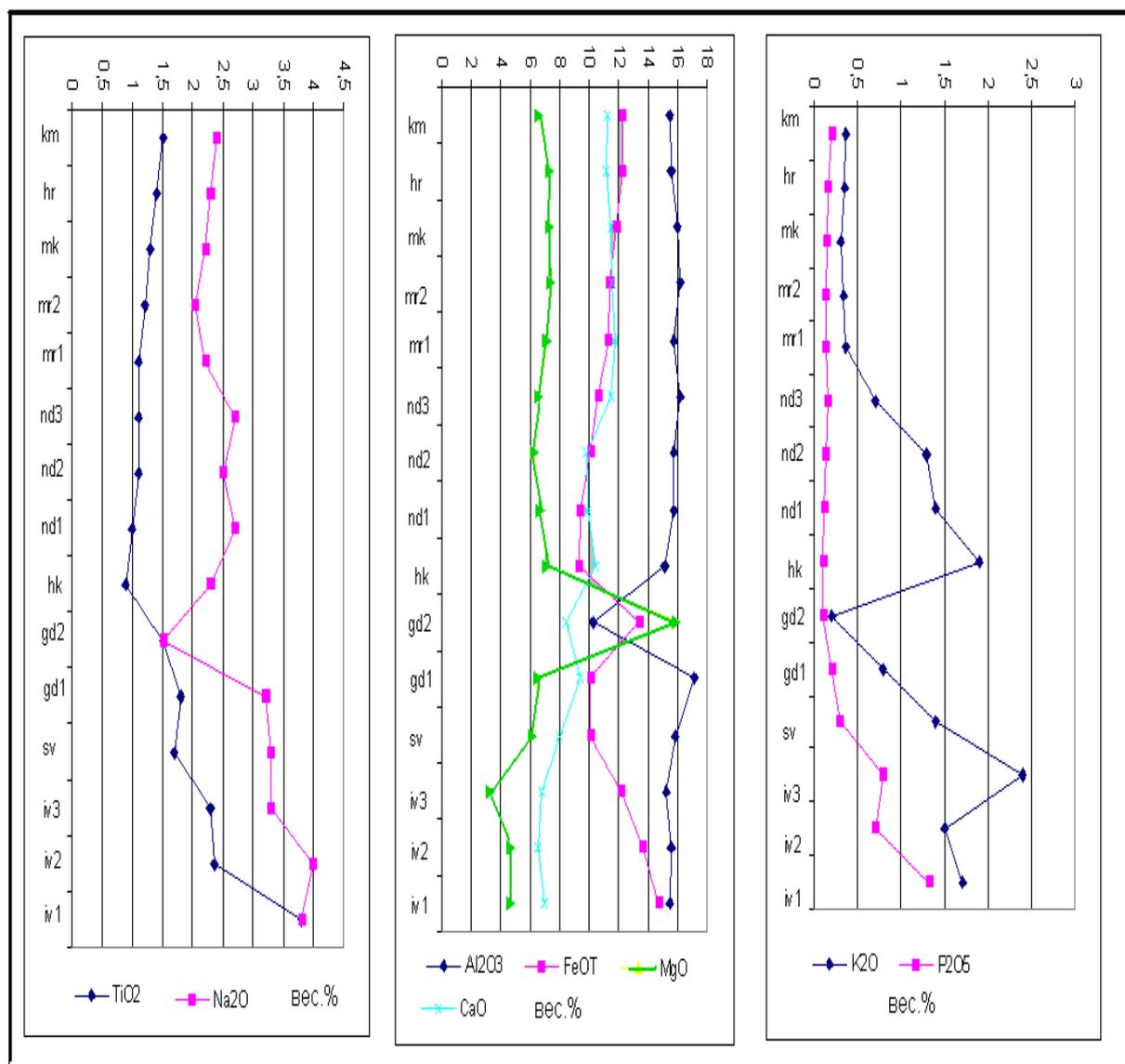


Рис.4.3. Вариации геохимических параметров по сводному разрезу вулканической толщи: базальты свит нижнетриасовых лав: *km* - гломеропорфировые кумгинской, *mk* - пойкилоофитовые, порфировые, пойкилоофитовые, гломеропорфировые мокулаевкой, *mr* - моронговской: *mr₂* верхнеморонговской подсвиты: порфировые, афировые, пойкилоофитовые, *mr₁* – порфировые нижнеморонговской подсвиты, *nd* - надеждинской: *nd₃* гломеропорфировые верхненадеждинской подсвиты, *nd₂* – полифировые средненадеждинской подсвиты, *nd₁* – порфировые верхненадеждинской подсвиты, *hk* – туфы, туффиты хаканчанской, *gd* - гудчихинской: *gd₂*- пикритовые; *gd₁* – порфировые, гломеропорфировые нижнегудчихинской подсвиты, *sv* – толеитовые базальты сыверминской; базальты ивакинской свиты верхнепермских лав: *iv₃* – двуполевошпатовые верхнеивакинской подсвиты, *iv₂* – лабрадоровые среднеивакинской подсвиты, *iv₁* – титанавгитовые нижнеивакинской подсвиты

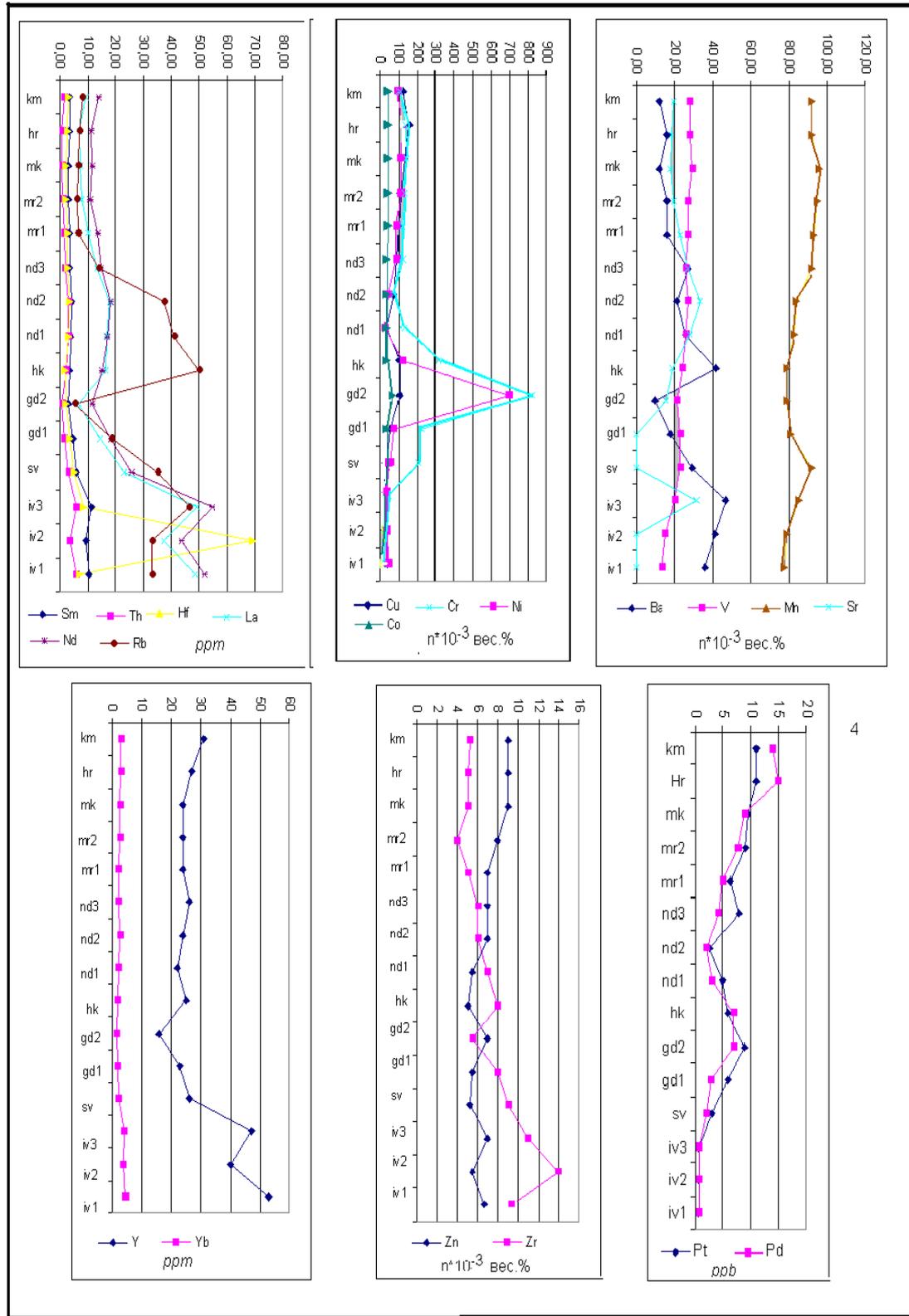


Рис. 4.4. Тренд геохимических параметров по сводному разрезу вулканической толщи (условные обозначения на рисунке 4.3)

Первый тектономагматический цикл верхнепермского времени. Ивакинская свита ($P_2 iv$), образованная щелочными и субщелочными лавами общей

мощностью до 475 м. Подразделяется на три подсвиты. В основании свиты залегают щелочные лейкотрахибазальты и титан-авгитовые базальты ($P_2 iv_1$), далее вверх по разрезу сменяющиеся субщелочными лейкобазальтами и пойкилофитовыми андезиновыми, лабрадоровыми ($P_2 iv_2$), и двуплагиоклазовыми ($P_2 iv_3$). Лавы $P_2 iv_{2-3}$ сформированные в поздней перми имеют обратную намагниченность.

Породы ивакинской свиты в значительной степени обогащены фосфором, содержание которого (P_2O_5 до 0,8% по мас.) в 3-4 раза выше, чем в остальных базальтах разреза туфолаговой толщи. Трахибазальты и субщелочные базальты ивакинской свиты характеризуются экстремально высокими содержаниями Ti, P, Ba, Zr, Sr, Sm, Th, Hf, La, Nd, Y, Yb, Nd, Rb, щелочей и низкими содержаниями Mg, Ca, Cr, Cu, Ni. По данным характеристикам они значительно отличаются от остального разреза туфолаговой толщи (см. рис.4.3, 4.4).

Второй тектоно-магматический цикл сыверминско - раннегудчихинского времени. Сыверминская свита ($T_1 sv$), образованная толеитовыми базальтами интерсертальной структуры. Максимальная мощность – до 195 м. Сыверминская свита и весь вышележащий разрез вулканической толщи вплоть до самоедской свиты имеет положительную магнитную полярность (Lind et al., 1994). Толеитовые базальты сыверминской свиты и порфиоровые нижнегудчихинской являются переходными от субщелочных базальтов ивакинской свиты к базальтам нормального ряда остальной части разреза. По химическому составу породы принадлежат к нормальному ряду, с несколько повышенным содержанием щелочей, кроме того, отмечаются повышенные содержания Mn, Ti, Ba, Zr, пониженные содержания Ca, Fe, Cu (см. рис.4.3, 4.4).

Третий цикл среднегудчихинско-хаканчанского времени. По химическому составу пикритовые базальты среднегудчихинской подсвиты относятся к нормальному ряду и характеризуются низкими содержаниями Ca, щелочей, глинозема, Y, Yb, Sm, Th, Hf, La, Nd, Rb, Ba, Zr, P_2O_5 и максимально высокими содержаниями Mg, Cr, Ni, Co, повышенными Pt и Pd (см. рис.4.3, 4.4). Породы

хаканчанской свиты (туфы и базальты) характеризуются максимально высокими содержаниями Rb, Ba, K₂O и повышенными Zr.

Базальтам четвертого цикла туклонско-надеждинского времени свойственны весьма специфические петрохимические характеристики, не характерные более ни для одной из свит района. Их отличает очень низкое содержание TiO₂ менее 1 %, относительно высокий K, La, Rb, Nd низкие менее 0,007 % содержания Cu, Ni, Cr, Pt и Pd (см. рис. 4.3, 4.4).

Базальты пятого цикла моронговского времени, шестого мокулаевского, седьмого хараелахского, восьмого кумгинского и девятого самоедского времени по химическому составу относятся к нормальному ряду с типичными для среднего сибирского траппа содержаниями породообразующих окислов и микроэлементов (см. табл. 4.2, см. рис. 4.3, 4.4) и относятся к недифференцированной серии лав, для которой характерны весьма стабильные содержания породообразующих окислов и микроэлементов, не отличающихся контрастными значениями, что сближает данные породы (см. рис. 4.3, 4.4). В кровле хараелахской свиты в олигогломеропорфировых базальтах наблюдаются повышенные содержания Cu, Ni, Pd, Pt, что близко с их концентрациями в вышележащих базальтах кумгинской свиты. Это, очевидно, связано с широким распространением в них рудопроявлений и точек минерализации медно-цеолитовой формации.

Вариации Sr, Rb, Rb/Sr и ⁸⁷Sr /⁸⁶Sr. Для установления индивидуальных геохимических особенностей пород различных тектоно-магматических циклов рассматриваются вариации стронция, рубидия и параметров Rb/Sr и ⁸⁷Sr /⁸⁶Sr в породах типичных формаций базальтоидного ряда площади Талнахского рудного узла.

Стронций. Основные закономерности распределения стронция в магматических породах указывают на индикаторную роль Sr в решении ряда вопросов петрогенеза и определения контаминированности первичной магмы и выяснения общей направленности эволюции магматических очагов. Региональная

распространенность Sr в базальтах ТРУ составляет от 18×10^{-3} до 54.5×10^{-3} вес. % (см. Приложение 3, табл. 3). Являясь типичным элементом базальтоидных формаций, стронций самостоятельных минералов не образует и рассеивается в силикатах и аксессуориях. Наиболее высокой концентрацией Sr характеризуются базальты щелочно-субщелочных лав ивакинской свиты, особенно лабрадоровые и двуполевошпатовые iv_2 ($42,5 - 54,5 \times 10^{-3}$ вес.%), а также породы сыверминской свиты и нижнегудчихинской подсвиты, являющимися переходными от субщелочных базальтов ивакинской свиты к базальтам нормального ряда остальной части разреза. Основным концентратором – минералом Sr в данных породах является апатит (до 56 %), который проявлен в виде игольчатых выделений в плагиоклазе и отдельных кристаллов в основной массе породы. Экстремально минимальные содержания Sr наблюдаются в пикритовых базальтах. В породах средне-верхненадеевской подсвит отмечено значительное увеличение содержания стронция, а далее вверх по разрезу толщи вулканических образований его последовательное снижение (рис. 4.5).

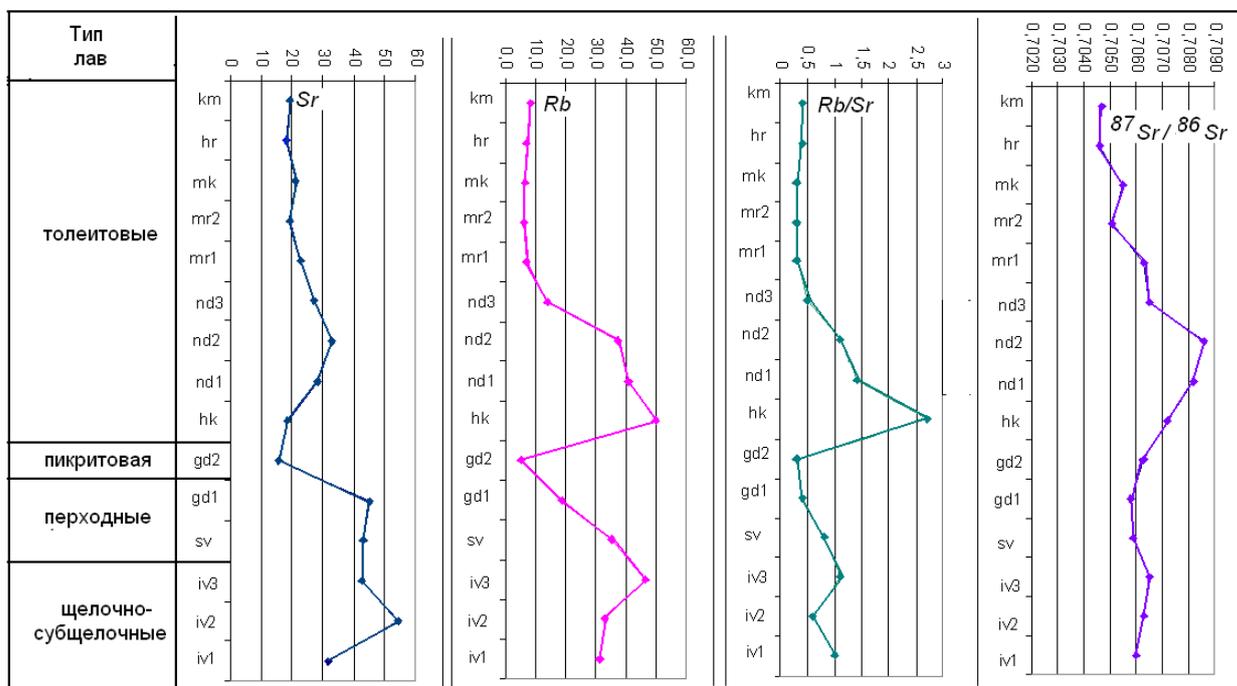


Рис. 4.5. Вариации Sr, Rb, Rb/Sr и $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$ по сводному разрезу вулканической толщи ивакинской – мокулаевской свит (по материалам Налдрета, 2003). Содержания Sr приведены в ppm , Rb – в ppm . Изотопные показатели первичные, пересчитанные на возраст 250 млн. лет

Рубидий. Распределения Rb по разрезу вулканической толщи подобно Sr. Максимально обогащены Rb породы ивакинской свиты - двуплагиоклазовые и лабрадоровые базальты. Минимальные содержания Rb наблюдаются в базальтах пикритовых лав гудчихинской свиты. Затем, в распределении элемента отмечается резкий скачек в сторону увеличения его содержания в лавах туклонско-надеждинского времени (базальты хаканчанской и надеждинской свит), который сменяется уменьшением содержания Rb вверх по разрезу от моронговской до кумгинской свит. Не менее четко базальты различаются по значениям отношения Rb/Sr (см. рис. 4.5). Экстремально высокие значения отношения Rb/Sr отмечены в толеитовых типах лав четвертого цикла туклонско-надеждинского времени (см. рис. 4.5).

Отношения Sr^{87}/Sr^{86} . Вариации значений отношения Sr^{87}/Sr^{86} в стратиграфической последовательности в разрезе вулканической толщи (см. рис. 4.5). Отмечено, что распределение значения отношения Sr^{87}/Sr^{86} различно в каждой ассоциации лав. Базальты лав P_{2iv_2} и P_{2iv_3} характеризуются значениями Sr^{87}/Sr^{86} от 0,7065 до 0,7063, далее по разрезу наблюдается незначительное снижение значения Sr^{87}/Sr^{86} в лавах T_{1sv} и T_{1gd_1} , которое сменяется постепенным возрастанием значений отношения, достигая максимума в базальтах хаканчанской и надеждинских свит (0,7086) четвертого цикла туклонско-надеждинского времени. Далее по разрезу отмечается монотонное снижение значения Sr^{87}/Sr^{86} и его минимальные величины отмечаются в базальтах T_{1mk_3} и T_{1hr} лав (см. рис. 4.5). Скорее всего, основные причины закономерного изменения уровня Rb и Sr в магматических породах (базальтах) заключаются в закономерном сдвиге изотопного состава корового Sr в сторону обогащения Sr^{87} за счет распада Rb^{87} .

На диаграмме вариации $\epsilon Nd - ^{87}Sr / ^{86}Sr$ по разрезу вулканогенных образований, видно, что лавы nd_1 и nd_2 значительно отличающиеся от лав nd_3 - mr_1 (рис. 4.6). Установление индивидуальных геохимических особенностей базальтов средне – верхненадеждинской подсвит имеет важное значение, поскольку их излияние предшествовало внедрению рудоносных интрузий, а формирование

минерализованных интрузий происходило между накоплением лав нижнеморонговской и верхнеморонговской подсвит (Налдрет А. Дж., 2003, с. 138).

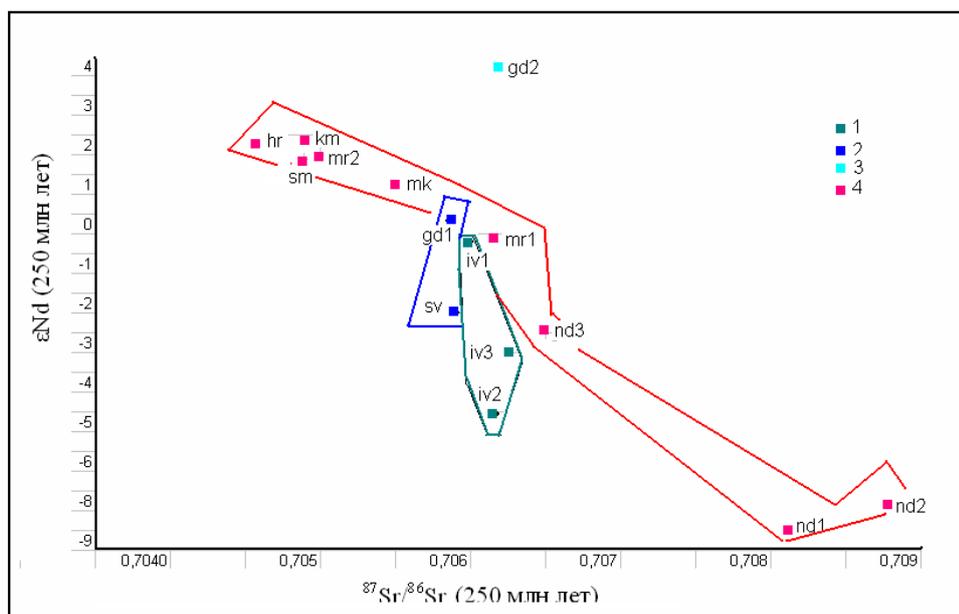


Рис. 4.6. Диаграмма $\epsilon\text{Nd} - ^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$ для вулканических образований различных тектономагматических циклов (аналитические данные приведены из опубликованных материалов Дж. Налдрета, 2003): 1 - базальты иванинской свиты первого цикла верхнепермского времени; 2 – базальты сыверминской (sv) свиты и нижнегудчихинской подсвиты (gd₁) второго цикла сыверминско - раннегудчихинского времени; 3 – пикритовые базальты среднегудчихинской подсвиты (gd₂) третьего цикла среднегудчихинско-хаканчанского времени; 4 - базальты толеитовых лав надеждинской (nd₁, nd₂, nd₃), моронговской (mr₁, mr₂), мокулаевской (mk), хараелахской (hr) и кумгинской (km) свит четвертого-восьмого циклов

Геохимическая специфика составляющих траппового магматизма по данным «ГЕОСКАН» представлена эволюционным рядом, отражающим последовательную смену ранжированных рядов геохимических ассоциаций, что иллюстрирует геохимическую зональность эффузивной фации магматизма. Так, породы позднепермского (iv) возраста щелочной и субщелочной ассоциаций специализированы на Ti – Zr – P - Ba, образования раннетриасового возраста переходной от щелочной к гипербазит-базитовой субформации (sv- nd) специализированы на V-Cr, базальты пикритовых лав (gd) маркируются ассоциациями Cr- Ni -V- Co, вулканические образования толеитового типа лав нормального ряда (mr - km) никеленозной ассоциации специализированы на Cr – Co – Ni – Cu (табл. 4.2).

Геохимическая специализация базальтов пикритовых лав. Тренд Cu, Ni, Co и Cr по разрезу вулканогенных образований площади ТРУ показывает,

что максимум накопления Ni и Cr приурочен к горизонту пикритовых базальтов гудчихинской свиты (см. Приложение 1-3, табл. 1-3, см. рис. 4.4).

Таблица 4.2

Геохимическая специализация различных типов эффузивных образований

Эффузивный комплекс	Породы	Специализация	
		Положительная	Отрицательная
Цикл верхнепермского времени. Щелочные и субщелочные лавы			
Ивакинская свита ($P_2 iv$)	Базальты титан - авгитовые	Ti - Zr - P - Ba	Cr, Co, Sc
	Базальты лабрадоровые и двуполевошпатовые	Ti - Zr - Ba	Cr, Co, Sc
Цикл сыверминско - раннегудчихинского времени. Переходная ассоциация лав			
Сыверминская свита ($T_1 sv$)	Базальты толеитовые	V - Cr	P, Mo, Y, Sc
Нижегудчихинская подсвита ($T_1 gd_1$)	Базальты порфиоровые	V - Cr	P, Mo, Y, Sc
Цикл среднегудчихинско-хаканчанского времени. Пикритовые лавы			
Среднегудчихинская подсвита ($T_1 gd_2$) пикритовые лавы	Базальты пикритовые	Cr - V - Ni - Co	Sr, Ti
Толеитовый тип лав нормального ряда			
Цикл туклонско – надеждинского времени			
Туклонско - надеждинский эффузивный базальтовый комплекс	Базальты порфиоровые, афировые, пойкилитовые	V - Cr	Sr, Ti
Циклы моронговского - мокулаевского времени			
Моронговский - мокулаевский эффузивный комплекс базальтов и туфов	Базальты пойкилоофитовые, порфиоровые, афировые	Cr - Co - Ni - Cu	Sr, Zr

Среди безрудных производных пикрит– и толеит –базальтовых расплавов, наиболее высокую никелистость имеют пикритовые базальты, в оливинах которых отмечаются максимальные концентрации силикатного NiO. По данным «ГЕОСКАН» пикритовые базальты гудчихинской свиты положительно специализированы на Cr, Ni, Co и отрицательно на Sr, Ti, Zr. Аномалии Ni, Cr и Co в пикритовых базальтах отмечаются в пределах Талнахского рудного узла (Мирошникова, Л. К., «Особенности распределения и концентрации рудогенных микроэлементов в пикритовых базальтах», 2009, с. 7 – 9). Наи-

более контрастные аномалии выделены на площади Октябрьского месторождения (рис. 4.7).

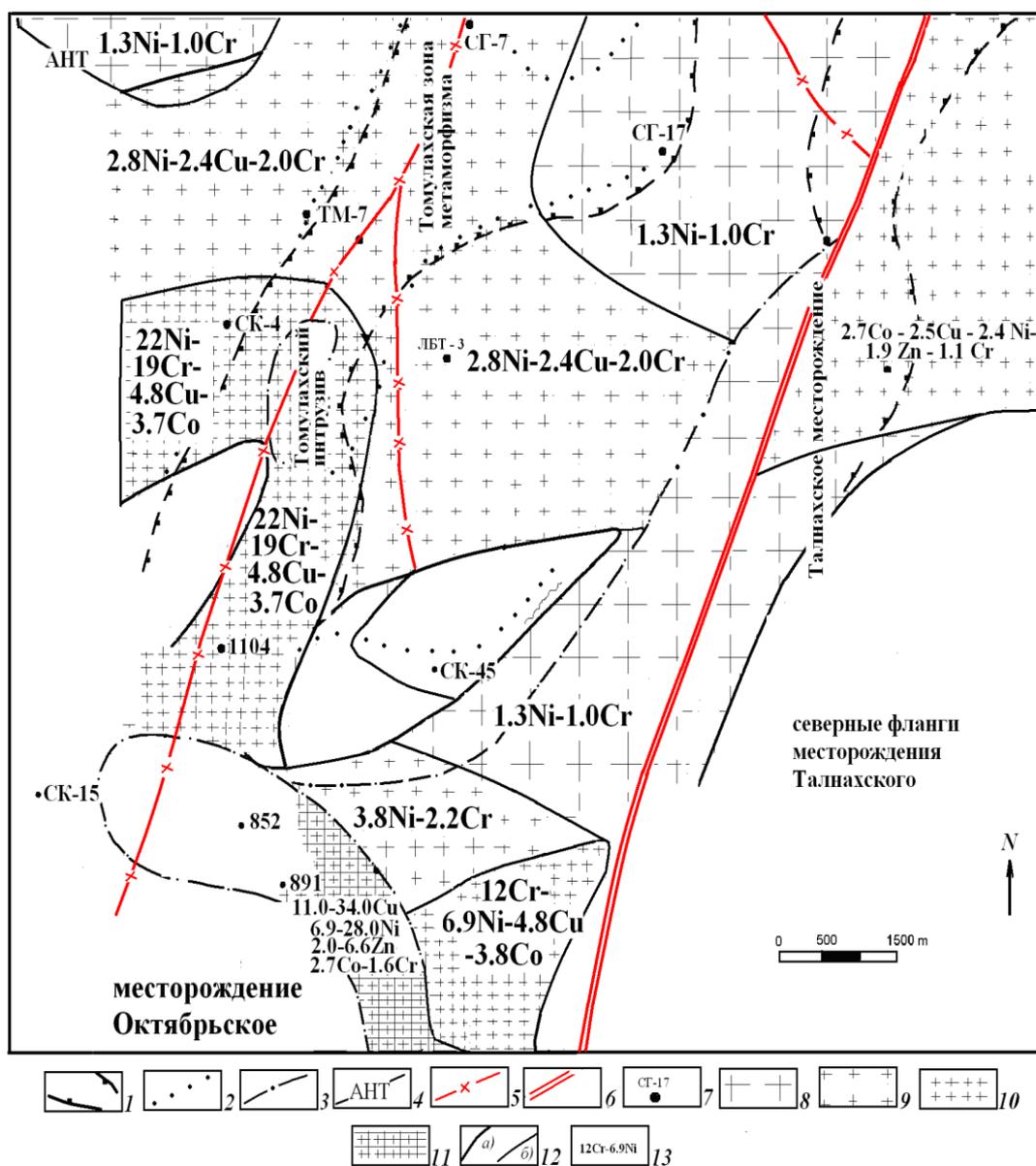


Рис. 4.7. Геохимическая зональность пикритовых базальтов гудчихинского эффузивного комплекса площади Талнахского рудного узла: 1 – границы рудоносных интрузий; 2 – границы Хараелахского интрузива; 3 – границы Нижнеталнахской интрузии; 4 – апофизы Нижнеталнахского интрузива; 5 – зоны разломов; 6 – Главный шов Норильско-Хараелахского разлома; 7 – устья скважин, их номера; 8 - 10 - геохимическая специализация: 8-10 - хром - никелевая; 8 – область фоновых содержаний; 9 – зона рассеянной минерализации; 10 – аномалия; 11 – аномалия медно - никелевая; 12 – а) границы между ореолами различных геохимических специализаций; б) между областями с различным содержанием химических элементов внутри одной геохимической специализации; 13 – формула геохимической ассоциации, цифрами указаны числовые значения коэффициентов концентраций химических элементов

Отличительные геохимические особенности эффузивных образований Талнахского рудного узла. Рассмотрены индивидуальные геохимические характеристики пород нижнетриасовых лав эффузивной толщи Талнахского рудного узла, которые позволяют установить их отличия от одноименных и одновозрастных им базальтам в других районах Норильского региона (рис. 4.8 и 4.9 – 4.12).

В толеитовых базальтах сыверминской свиты ТРУ отмечаются экстремально повышенные содержания Cu, Ni, Co и Cr по сравнению с базальтами Норильского рудного узла и, особенно, с базальтами площадей, где отсутствуют рудоносные интрузивы норильско-талнахского типа. Пикритовые базальты Талнахского рудного узла по сравнению с пикритовыми базальтами Норильского рудного узла и Кыстыктахской площади, где отсутствуют рудоносные интрузивы, содержат меньше Co, Cr и Ni.

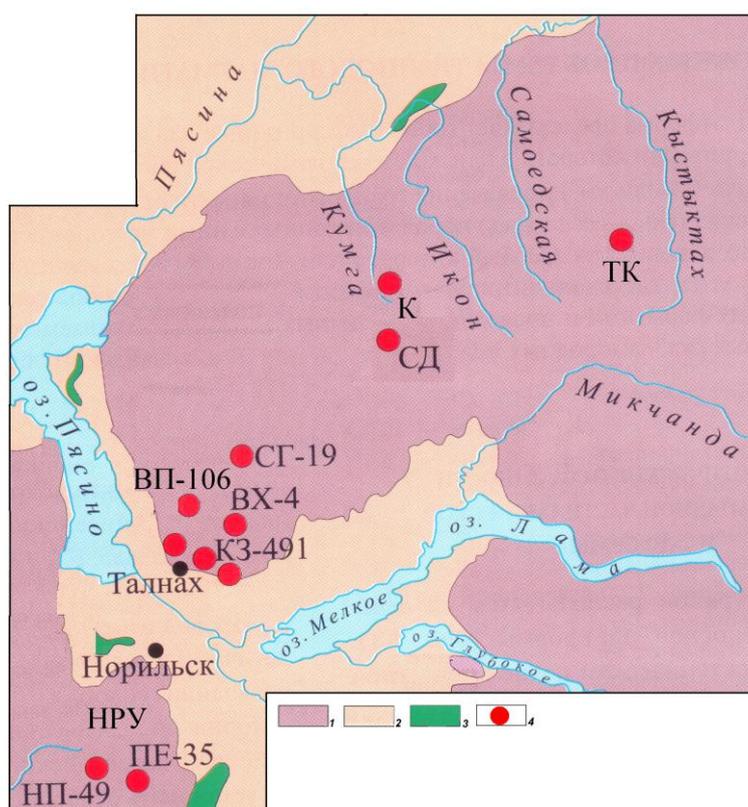


Рис. 4.8. Схематизированная геологическая карта северо-запада Сибирской платформы (с изменениями): 1 – эффузивные траппы; 2 – осадочные отложения; 3 – трапповые интрузии; 4 – места расположения опорных разрезов по скважинам: ТРУ – Талнахский рудный узел (скважины КЗ-491, ВХ-4, СГ – 19, ВП-106), НРУ – Норильский рудный узел (скважины ПЕ-35, НП-49), Дьянгинская площадь (скважины СД-24, -26), КТ – Кыстыктахская площадь (скважины КТ-3, -4, -5), Кумгинская площадь

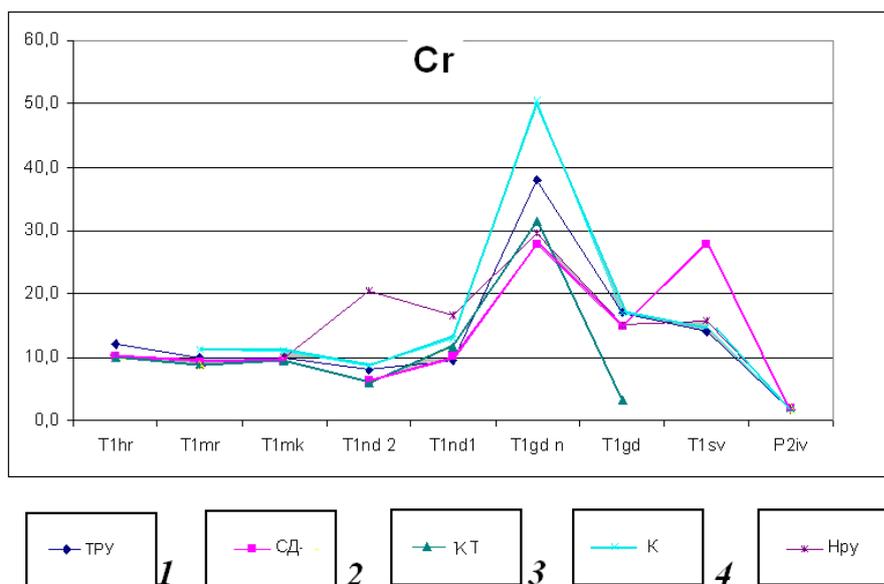


Рис. 4.9. Вариации Cr по разрезе пород туфолавоваы толщй различных площадей Норильского региона: 1 – Талнахский рудный узел; 2 – скважины Дьянгинской площади (безрудная); 3 – Кыстыктахская площадь (безрудная); 4 – Кумгинская площадь (безрудная); 5 – Норильский рудный узел

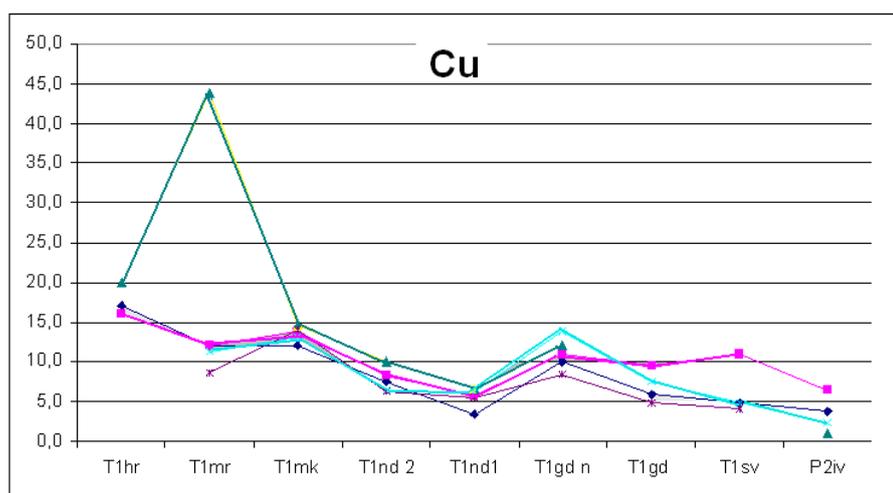


Рис. 4.10. Вариации Cu по разрезе пород туфолавоваы толщй различных площадей Норильского региона (условные обозначения на рисунке 4.9)

В базальтах nd_{1-2} лав содержания Cr ниже, чем в других одноименных образованиях НРУ, но вместе с тем содержания Cu, Ni, Co несколько выше. В ареале развития базальтов моронговской и мокулаевской лав отмечено последовательное обогащение пород Cu, Ni, Co в северном и северо-восточном направлениях от НРУ и ТРУ. Максимальные содержания Cu, Ni, Co в *mk* лавах наблюдаются на Кумгинской площади, где образования самородной меди, свя-

занные с проявлениями медно-цеолитовой минерализации в базальтах, проявлены наиболее ярко.

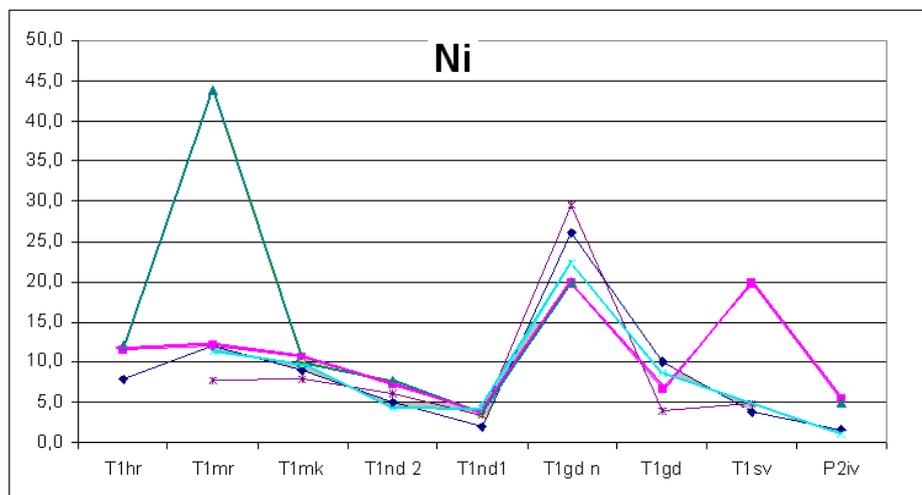


Рис. 4.11. Вариации Ni по разрезе пород туфолавоваы толщи различных площадей Норильского региона (условные обозначения на рисунке 4.9)

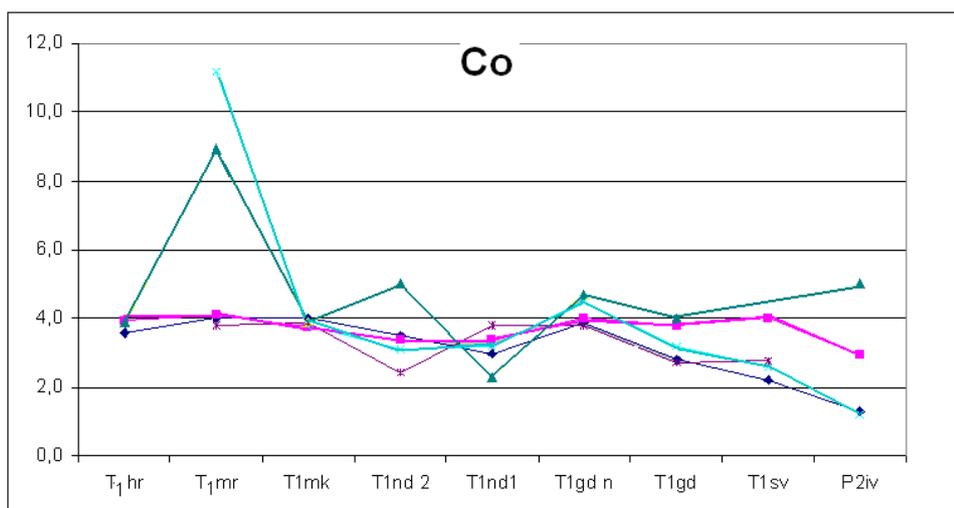


Рис. 4.12. Вариации Co по разрезе пород туфолавоваы толщи различных площадей Норильского региона (условные обозначения на рисунке 4.9)

4.2. Геохимия интрузивных фаций магматических образований

В геологической структуре ТРУ интрузивные фации траппов развиты преимущественно по краям выполненной лавами впадины (Хараелахская мульда) и контролируются зонами главных глубинных Норильско-Хараелахского и Тангаралахского разломов. Интрузивные образования объединяют в 5 главных групп: 1) интрузии щелочной и субщелочной специализаций; 2) обогащенные ти-

таном долеритовые дайки, которые ограничено распространены в северо-восточной части Норильского района; 3) силлы и дайки долеритов; 4) дифференцированные интрузии не связанные с рудными узлами; 5) дифференцированные мафит-ультрамафитовые интрузии, развитые в пределах рудных узлов, с которыми связаны эндогенные медно-никелевые с платиноидами месторождения. Интрузивы представлены в основном изотропными или весьма слабо дифференцированными пластовыми телами, залегающими согласно со слоистостью вмещающих толщ и имеющими площадное распространение. Основными горизонтами их локализации являются отложения тунгусской серии и девона. Временная последовательность внедрения базитовых и гипербазит – базитовых интрузивов Норильского района, основанная на геологических взаимоотношениях представлена следующим рядом: 1) ранняя фаза внедрения (позднепермская) - интрузивы ергалахского комплекса, комагматичные лавам ивакинской свиты; 2) нижнетриасовая фаза внедрения - интрузивы норильского комплекса; 3) послевулканические образования: моронговский, далдыканский (кузьмовский), авамский типы. Из общего разнообразия интрузивных образований в данной работе рассматриваются интрузивные комплексы ергалахский $\tau\beta P_2$ и норильский $\omega\nu T_{nr}$. Расположение интрузивных тел в разрезах месторождений показано на рисунке 4.13.

4.2.1. Геохимическая специализация пород ергалахского интрузивного комплекса

Интрузивы ергалахского комплекса являются наиболее древними магматическими образованиями Норильского района. Они сложены умеренно щелочными и щелочными титан-авгитовыми долеритами и трахидолеритами с переменным количеством оливина - от безоливиновых до оливиновых разностей со спорадическим проявлением кварца. Интрузивы образуют одиночные мощные силлы или многоярусную систему маломощных субластовых тел мощностью от первых метров до 100-200 м, в отдельных случаях до 200-240 м, которые прослеживаются по простиранию на 25-50 км (рис. 4.13).

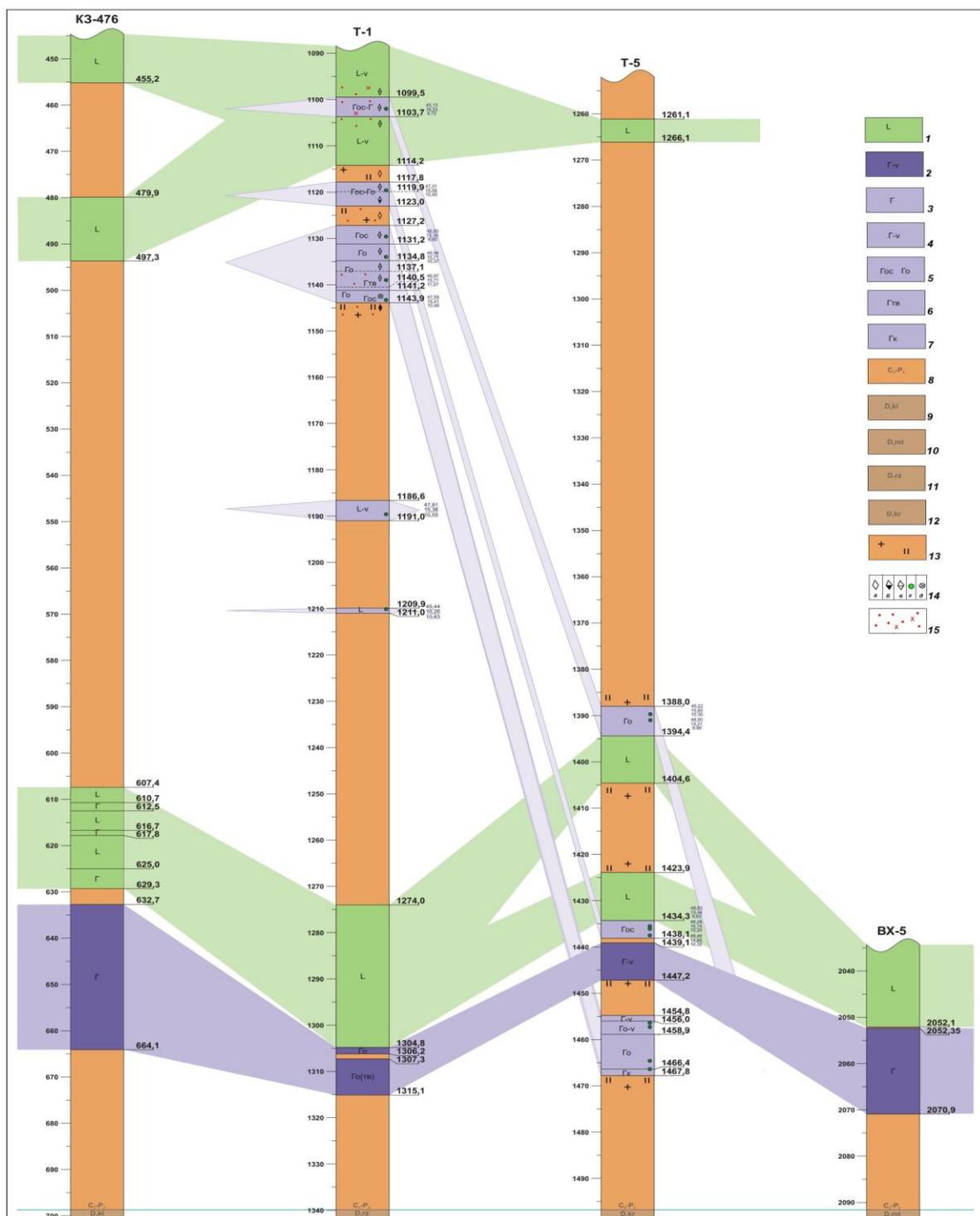


Рис. 4.13. Геологический разрез площади Талнахского месторождения (по материалам «Норильскгеология», 2013): 1 – 7 – интрузивные образования: 1 – титан-авгитовые долериты и трахидолериты ергалахского комплекса; 2 – 7 норильского комплекса: 2 – габбродолериты интрузива нижнеталнахского типа ($\omega\nu\text{-}\nu\beta$) T_{1nr}^{nt} 3 – 7 – габбродолериты интрузива круглогорского типа ($\tau\nu\text{-}\nu\beta$) T_{1nr}^{kg} : 3 – безоливиновые, 4 – измененные, 5 – оливинсодержащие, оливиновые, 6 – такситовые, такситовидные, 7 – контактовые; 8 – 12 – осадочные породы: 8 – алюмосиликатные терригенные тунгусской серии, 9 – карбонатные каларгонской свиты верхнего девона, 10 – сульфатно-карбонатные мантуровской свиты среднего девона, 11 – аргиллиты разведочнинской свиты нижнего девона, 12 – аргиллиты, мергели курейской свиты нижнего девона; 13 – кварц-полевошпатовые роговики; 14 – минерализация: а – пирит, б – пентландит-халькопирит-пиритовая, в – халькопирит-пиритовая, г – пирротиновая, д – пирит-халькопиритовая; 15 – сульфидная вкрапленность до 5-10%

В различных пересечениях одного силла или в различных телах выделяются три типа разрезов: 1) изотропные (недифференцированные); 2) с участками пород повышенной щелочности или с проявлением пегматоидов в центральной части; 3) расслоенные, в которых имеет место дифференциация от безоливиновых – оливин – и (или) кварцсодержащих до оливиновых трахидолеритов и проявления пегматоидов (Рябов, 2000, с. 84-92). Минеральный состав долеритов представлен (об.%) плагиоклазом (An₄₅₋₅₀) (30-60 об.%), пироксеном (титан-авгит) (30-40 об.%), титаномагнетитом, ильменитом до 5 об.%, отмечаются биотит, хлорит, роговая обманка, сфен, апатит, оливин. Химические составы трахидолеритов приведены в таблице 4.3. Вариации породообразующих окислов в трахидолеритах ергалахского комплекса приведены на рис. 4.14.

Таблица 4.3

Средние химические составы пород дифференцированных силлов
ергалахского комплекса
(по материалам Рябова, 2000 и ПО «Норильскгеология»)

Компоненты	Долериты					
	L	LO	LOc	Лпк	Лтм	Лк
SiO ₂	46,89	48,41	47,81	49,96	48,32	46,13
TiO ₂	3,17	2,74	2,77	2,93	3,75	3,0
Al ₂ O ₃	13,47	14,58	16,25	12,8	12,42	14,75
Fe ₂ O ₃	15,48	14,13	12,06	14,3	15,23	13,8
MnO	0,22	0,19	0,17	0,21	0,22	0,21
MgO	3,97	5,39	4,35	2,31	3,3	4,59
CaO	7,98	7,75	8,55	6,26	7,65	7,87
Na ₂ O	2,84	3,08	3,89	4,66	4,07	4,08
K ₂ O	2,47	1,6	1,4	2,58	2,02	1,21
P ₂ O ₅	1,49	0,55	0,46	1,03	0,77	0,56
F	2,26	3,90	4,37	4,13	3,88	3,36
Cl	0,07	0,09-0,27	0,06	0,01-0,40	0,05-1,47	0,07

Примечание: L – трахидолерит изотропного силла, LO – трахидолерит оливиновый, LOc – трахидолерит оливинсодержащий; Лпк – пегматоидный кварцевый трахидолерит, Лтм – титаномагнетитовый трахидолерит, Лк – контактовый трахидолерит. Содержания в мас. %.

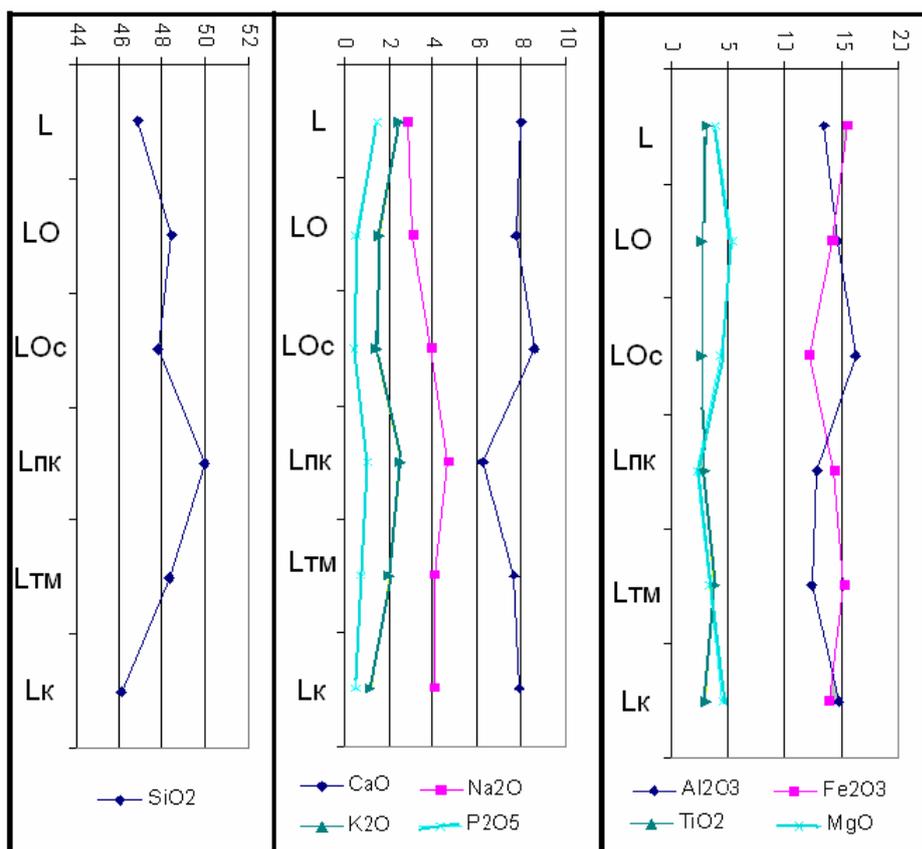


Рис. 3.14. Вариации породообразующих окислов в трахидолеритах ергалахского комплекса: L – трахидолерит изотропного силла, LO – трахидолерит оливиновый, LOc – трахидолерит оливинсодержащий; Lпк – пегматоидный кварцевый трахидолерит, LТМ - титаномagnetитовый трахидолерит, Lк – контактовый трахидолерит. Содержания в мас. %

Титан-авгитовые долериты (изотропные силлы). По содержанию кремнезёма и щелочей породы относятся к калиево-натриевому типу щелочности ($n = 66,04-88,50$, при среднем $71,76$). Вариации основных породообразующих окислов для титан-авгитовых долеритов составляют, мас. %: SiO_2 – $47,52-50,95$ (в шлирах до $53,59$); TiO_2 – $1,94-3,7$; Al_2O_3 – $12,61-15,3$; Fe_2O_3 – $1,96-5,61$, FeO – $8,39-12,16$; MnO – $0,16-0,25$; CaO – $5,1-9,23$; MgO – $3,25-6,17$ (в среднем $2,68$); $\text{Na}_2\text{O}+\text{K}_2\text{O}$ – $4,07-6,2$ ($6,45$); P_2O_5 – $0,17-0,8$.

Геохимическая характеристика. Для трахидолеритов изотропных силл характерны максимальные содержания P_2O_5 . Оливиновые и оливинсодержащие трахидолериты выделяются по повышенной магнезиальности. Для пегматоидных кварцевых трахидолеритов характерны максимальные содержания кремнезёма. Присутствие в долеритах титаномagnetита и ильменита (до 5%) объясняет

локальные повышенные концентрации титана в составе первичных ореолов (K_k до 2,1). Проявление высокощелочных трахидолерит-пегматитов в интрузиве в виде шпиров, линз и структурно обособленных горизонтов очевидно указывает на то, что по мере накопления летучих (Cl, F, P_2O_5) (рис. 4.14, 4.15) на завершающих стадиях магматического процесса происходит флюидно-магматическая дифференциация, проявившаяся в обособлении флюидизированного расплава от бедного летучими «сухого» расплава (Рябов В.В., 2000, Т. 2, с. 160-191).

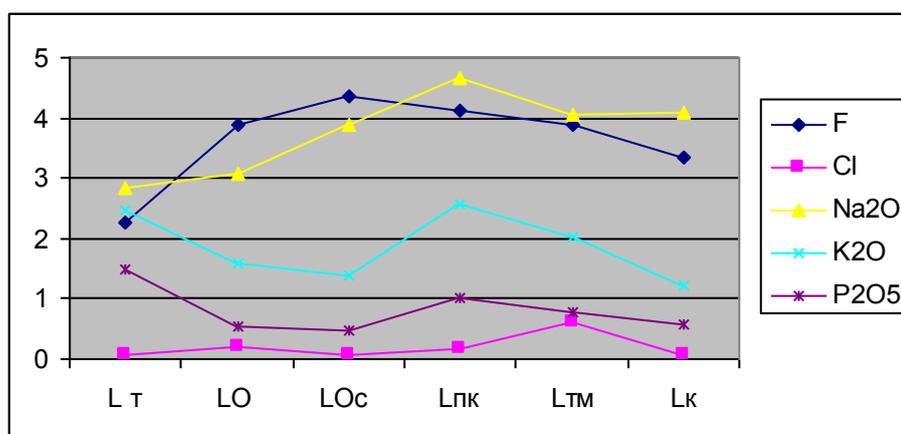


Рис. 4.15. Вариации F, Cl, Na₂O, K₂O, P₂O₅ в трахидолеритах ергалахского комплекса (условные обозначения на рис. 4.14)

Выделенные две разновидности геохимического типа интрузивных образований ергалахского комплекса, отличаются между собой содержанием Ti, Cr, Zr, V (см. табл. 3.4, см. рис. 4.14). Первая представлена геохимической ассоциацией Ti - P - Zr - Ba, характерная для титан-авгитовых долеритов, которые содержат Ti до 1000×10^{-3} вес. % и Cr менее 1×10^{-3} вес. %), вторая - P - Zr - Ti - Ba с содержанием Ti до $600-800 \times 10^{-3}$ вес. % и Cr - $1-3 \times 10^{-3}$ вес. % [98, с. 124-131] (Обе разновидности долеритов отрицательно специализированы на Cu, Ni, Co, Cr, Mn, Sr, V. Структура корреляционных связей между элементами представлена на рис. 4.16. Отмечено, что между группами Cu, Ni, Co, Cr, V и Ti, Zr, Ba, Pb, Zn, Mo отсутствует значимая положительная корреляция [97].

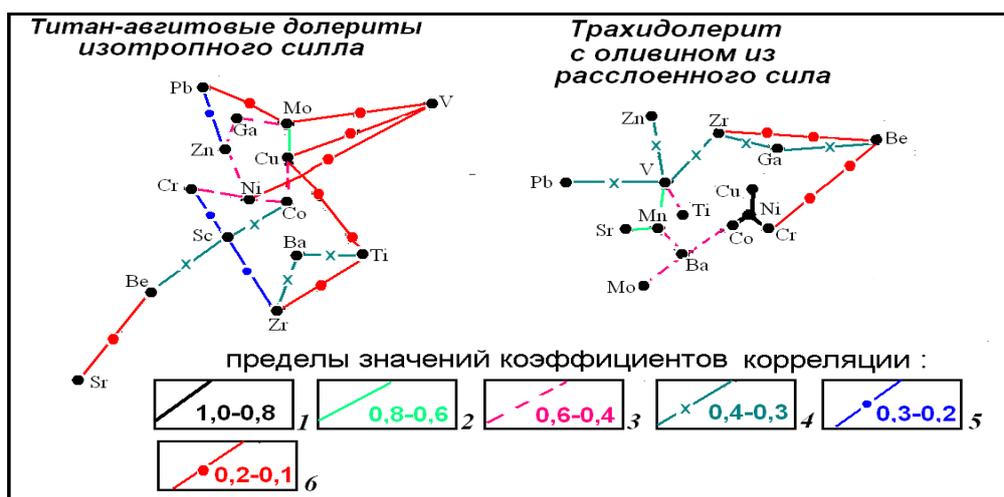


Рис.4.16. Схема корреляционных связей химических элементов в интрузивных породах ергалахского комплекса

По определению В.В. Золотухина и А.М. Виленского [13, с. 258–259] титан-авгитовые долериты относятся к типу интрузий глубинной дифференциации, которые представляют собой отдельные дифференциаты исходной магмы. Трахидолериты и комагматичные им трахибазальты с титан-авгитом рассматриваются как производные субщелочного расплава, отделившиеся от базальтовой магмы на ранних стадиях развития магматического очага и обогащенного щелочами, железом, титаном, цирконием, иттрием, фосфором. Отличительные особенности долеритов ергалахского комплекса площади ТРУ от интрузивных образований других комплексов приведены в таблицах 4.4, 4.5 и рисунках 4.17, 4.18.

Таблица 4.4

Средние петрохимические составы пород различных интрузивных комплексов площади Талнахского рудного узла

Интрузивные комплексы	Компоненты, мас. %										
	SiO ₂	TiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	FeO	MnO	MgO	CaO	Na ₂ O	K ₂ O	P ₂ O ₅
Er	49,8	3,3	13,4	2,5	12,7	0,26	4,03	7,71	3,1	1,9	0,8
Ps	50,3	2,2	17,6	3,6	6,8	0,1	4,2	4,7	5,4	1,8	0,4
Mr	43,1	0,2	14,5	1,5	12,9	0,2	16,8	7,5	1,4	0,1	0,04
Nt	40,3	0,8	13,7	4,7	8,6	0,2	18,6	8,7	0,9	0,4	0,04
Kg	45,6	1,2	14,5	16,6	-	0,2	7,0	8,9	2,5	0,9	0,1
Nr Tal	39	0,3	6,1	4	10	0,2	27,3	3,7	0,35	0,7	0,06
NrHar	38,9	0,4	7,7	0,9	11,1	0,2	28,3	4,7	0,4	0,25	0,11

Примечание: Er – ергалахский, Ps – пясинский, Mr – моронговский, норильский комплекс; Nt – нижнеталнахский тип, Kg – круглогорский тип, Nr Tal – норильский тип Талнахский интрузив, Nr Har – норильский тип Хараелахский интрузив

Таблица 4.5

Средние химические составы пород различных интрузивных комплексов площади Талнахского рудного узла (эмиссионный анализ)

Интрузивные комплексы	Компоненты, вес. %											
	Cu	Ni	Co	Cr	Ti	V	Zr	Pb	Zn	Mn	Ba	Sr
Er	4,4	2,7	2,8	2,9	852	20,3	16	1	10,3	74	57	25
Ps	5,7	4,1	3,3	3,9	823	15,7	12,6	1,6	12,4	99,5	67,2	26
Mr	11	9,5	4,5	15,4	453	16,9	9,1	0,9	11,2	60	28,4	18,1
Nt	11,5	14,8	4,8	6,4	398	6,4	8,4	1,4	10,2	40	26,1	25,6
Kg	18,7	14	5,4	16,9	603	18	10,7	0,6	12,3	54,2	22,2	23
NrHar	15,3	12,2	4,9	11,3	393	17,3	9,1	1,1	11,5	65,7	33,5	32

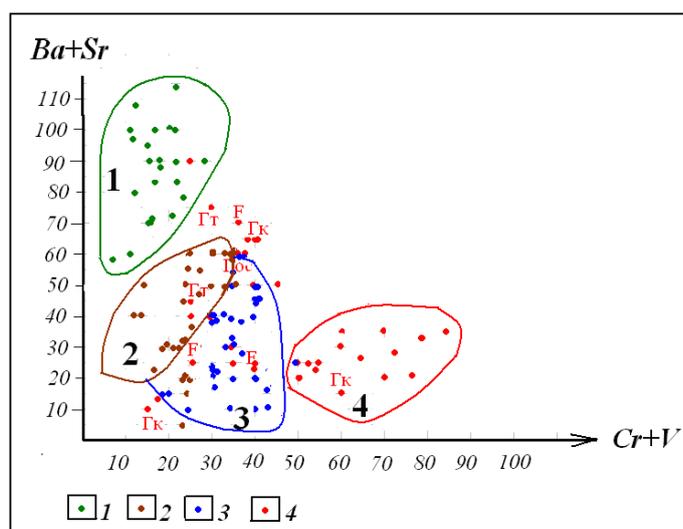


Рис.4.17. Тренд индикаторного отношения $(Ba+Sr) / (Cr+V)$ в интрузивных породах различных комплексах: 1 – ергалахский комплекс титан-авгитовых долеритов ($\tau\beta$) P2 er); 2–4 – норильский комплекс ($\sigma\cup$)T1 nr: 2 – нижнеталнахский тип ($\omega\nu-\nu\beta$) T1nr^{nt}); 3 – круглогорский тип ($(\pi\nu-\nu\beta)$ T1 nr^{kg}); 4 – норильско-талнахский тип ($\omega\nu-\nu\sigma$) T1nr^{nt}

Проведено сравнение петро- и геохимических составов интрузивных пород ергалахского комплекса Талнахского рудного узла с подобными им образованиям на площади Норильского рудного узла (рудоносный интрузив присутствует), Имангдинского рудного узла (присутствует потенциально рудоносный интрузив), юго-западной оконечности Норильской мульды скв. 238 (присутствует потенциально рудоносный интрузив), Фокинской площади - скв. 68 и скв.123 (рудоносный интрузив не вскрыт) (рис. 4.19, 4.20) (Приложение 5, табл. 5). Наиболее информативными окислами, позволяющими определять различие

между долеритами ергалахского комплекса, расположенных в различных рудно-магматических узлах, являются TiO_2 , Al_2O_3 , SiO_2 и P_2O_5 .

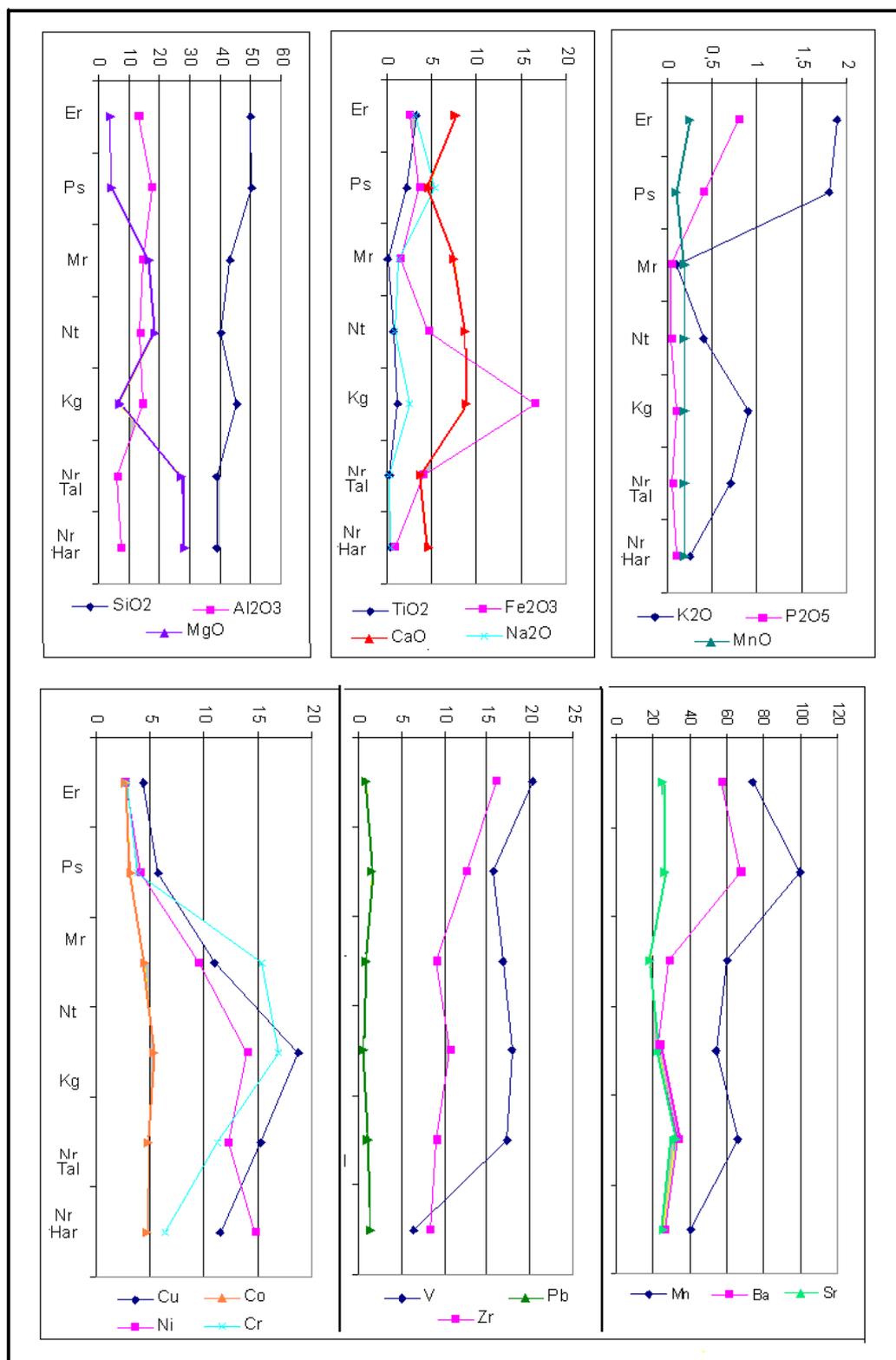


Рис. 4.18. Вариации химических элементов в породах различных интрузивных комплексах (Er – ергалахский, Ps – пясинский, Mr – моронговский, норильский комплекс: Nt – нижнеталнахский тип, Kg – круглогорский тип, Nr Tal – норильский тип Талнахский интрузив, Nr Har – норильский тип Хараелахский интрузив)

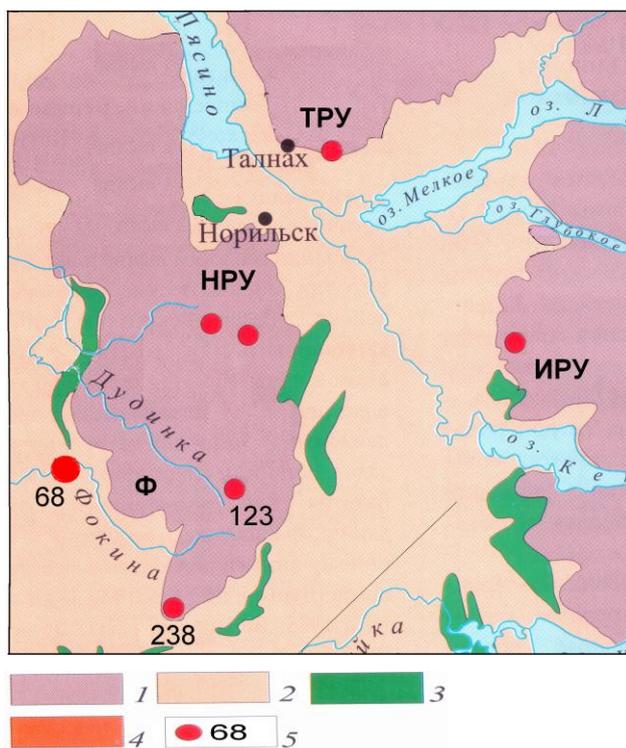


Рис. 4.19. Схематизированная геологическая карта Норильского региона (с изменениями): 1 – эффузивные траппы; 2 – осадочные отложения; 3 – трапповые интрузии; 4 – места расположения опорных разрезов по скважинам: ТРУ – Талнахский рудный узел; НРУ – Норильский рудный узел; Ф - Фокинская площадь (скв. 68, 123, 228); ИРУ – Имангдинский рудный узел

Так, титан-авгитовые долериты на площади ТРУ в пределах юго-западной оконечности Хараелахской мульды выделяются максимальными содержаниями CaO , P_2O_5 , Fe_2O_3 и низкими TiO_2 , SiO_2 , MgO , K_2O и Na_2O . Отмечено, что основные производные щелочных и субщелочных серий лав – титан-авгитовых долеритов выделены на территории Талнахского, Норильского и Имангдинского рудных узлов, затем в порядке понижения щелочности и повышения кремнекислотности следуют долериты юго-западной оконечности Норильской мульды.

Зональность фрагмента геохимического поля титан-авгитовых долеритов на площади ТРУ, полученная по результатам обработки аналитических данных методом «ГЕОСКАН», приведена на рисунке 4.21. В пределах развития рудоносного Хараелахского интрузива в долериты маркируются аномалиями $\text{Y} - \text{Pb} - \text{Zn} - \text{Ti} - \text{Mo}$, за пределами интрузива - аномалиями $\text{Y} - \text{Ti}$. В структуре геохимических ассоциаций данных аномалий Cu и Ni находятся в зонах выноса (K_k Cu и Ni не превышают значений 0,5) (Мирошникова, Л.К. «Геолого - геохимическая характеристика интрузивных образований ергалахского комплекса», 2013, с. 124-131). Рудные минералы в долеритах представлены рассеянной вкрапленностью пирита и ильменита (в количестве 5%).

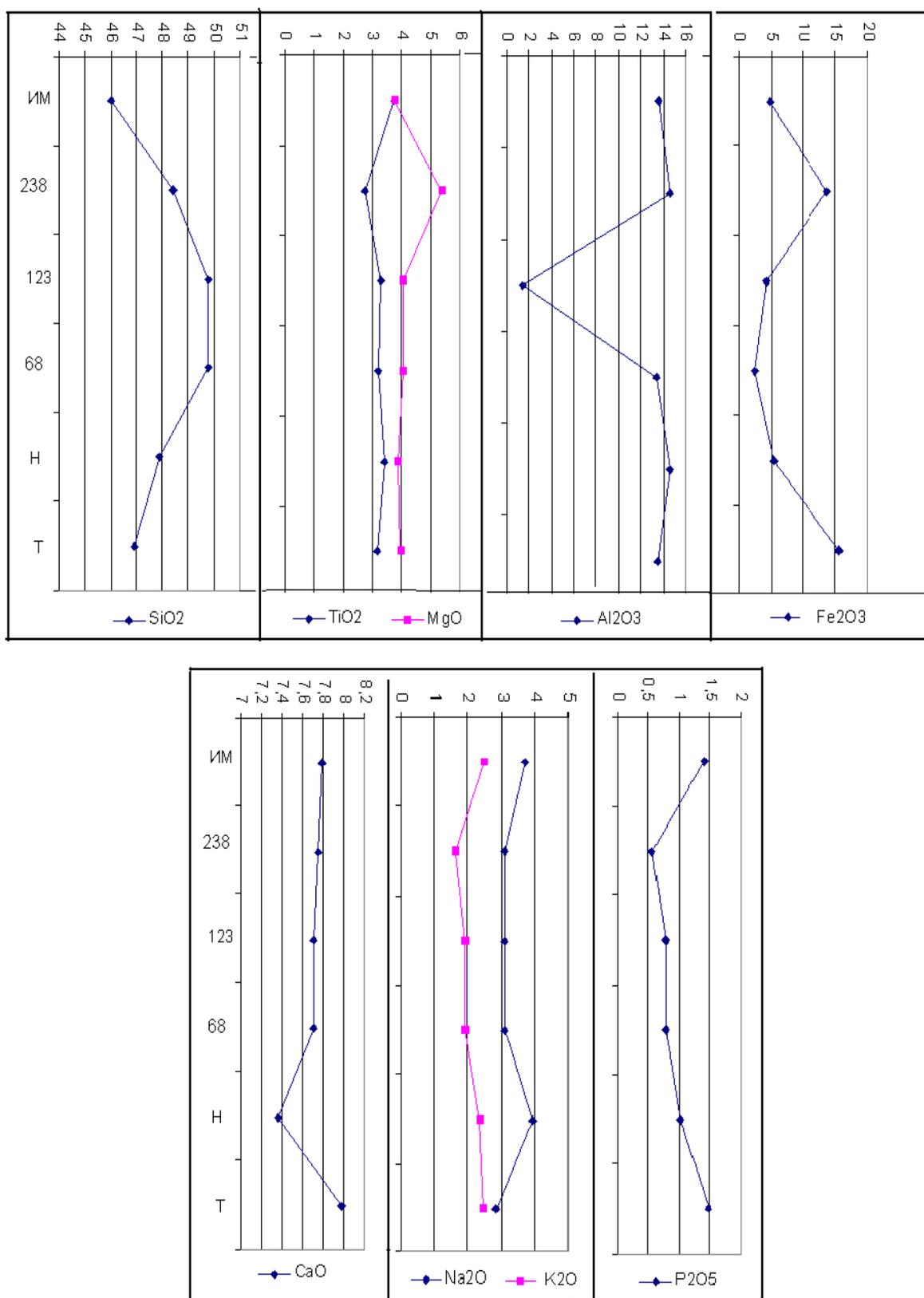


Рис.4.20. Вариационные схематические диаграммы вещественного состава для интрузивных пород ергалахского комплекса (по данным «Норильскгеология», содержания основных породообразующих оксидов в мас. %): Т – Талнахский рудный узел, Хараелахская мульда (присутствуют рудоносные интрузии); Н – Норильский рудный узел, Норильская мула (южно-норильская площадь в пределах развития рудоносного интрузива); скв. 68, скв. 123 – Фокинская площадь; скв. 238 – площадь юго-западной оконечности Норильской мульды; ИМН – Имангдинский рудный узел

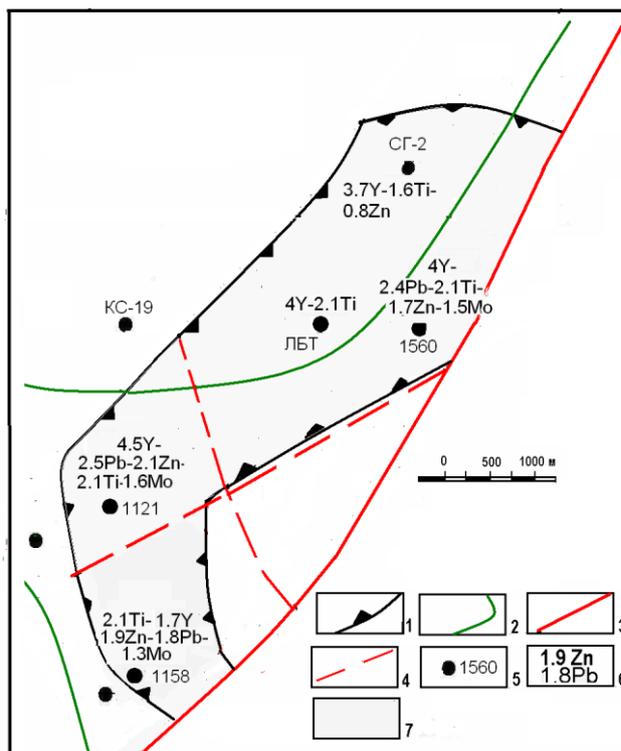


Рис.4.21. Геохимическая зональность изотропных силл титан-авгитовых долеритов ергалахского комплекса (Мирошникова Л.К., 2013): 1 – границы распространения интрузива ергалахского комплекса; 2 – границы распространения рудоносного Хараелахского интрузива; 3 – зона шва Норильско-Хараелахского; 4 – оперяющие глубинный разлом тектонические нарушения; 5 – разведочные скважины; 6 – формула геохимической аномалии; 7 – аномалии

Выводы. Интрузивные образования ергалахского комплекса геохимически специализированы на титан, цирконий, иттрий, фосфор [97, 98]. Наиболее основные производные щелочных и субщелочных серий лав – титан-авгитовых долеритов выделены на территории Талнахского, Норильского и Имангдинского рудных узлов, затем в порядке понижения щелочности и повышения кремнекислотности следуют долериты юго-западной оконечности Норильской мульды. 2) Сульфидная минерализация, традиционная для рудоносных интрузий, в долеритах ергалахского комплекса отсутствует, рудные минералы представлены пиритом и ильменитом. Породы отрицательно специализированы на Cu и Ni. На площади развития рудоносного интрузива титан-авгитовые долериты фиксируются аномалиями Zn, Pb, Mo.

4.2.2. Геохимическая специализация пород норильского интрузивного комплекса

Изучение интрузивов норильского комплекса на протяжении многих лет производилось сотрудниками различных производственных и научных организаций. В написании данной главы автором привлекались результаты исследований, опубликованные в статьях и монографиях (Годлевский М. Н., 1959, с. 67-72; Додин Д. А., 1971, с. 71-100; Дюжиков О.А. и др. 1988, с. 77-16; Золотухин В. В., 1975, с. 432–435; Иванов М.К. и др., 1971. С. 31-100, 197–304; Рябов, В. В. и др., 2002, с.106-142; Федоренко В.А. и др., 1984, с. 56 – 65; Надретт А.Дж.,2003, с. 103-200, и др.).

Талнахский рудный узел представляет собой участки концентрации наиболее дифференцированных трапповых интрузивов повышенной основности (рис. 4.22). В пределах рудных полей интрузивы концентрируются в виде пучков или узлов на определенных площадях, связанных с участками пересечения зон региональных разломов поперечными разломами. Интрузивы норильского комплекса, включают три генетических типа (перечисленные в порядке внедрения по данным U-Pb возраста цирконов) – нижнеталнахский тип, Нижнеталнахский интрузив (254 ± 4 млн лет); норильско-талнахский тип, Талнахский интрузив (252 ± 8 млн лет); круглогорский тип, Круглогорский (Габбровый) интрузив (241 ± 4 млн лет), являющимися постоянными составляющими Талнахского рудного узла [1, с. 84-92]. Интрузивы норильского комплекса, включают три генетических типа (перечисленные в порядке внедрения по данным U-Pb возраста цирконов) – нижнеталнахский тип, Нижнеталнахский интрузив (254 ± 4 млн лет); норильско-талнахский тип, Талнахский интрузив (252 ± 8 млн лет); круглогорский тип, Круглогорский (Габбровый) интрузив (241 ± 4 млн лет), являющимися постоянными составляющими Талнахского рудного узла (Адамская, Е.В., Бадинова, В.П. и др. Изотопная геохимия норильских месторождений, 2016. С. 84-92). Интрузивы представляют собой части единой Талнахской рудно-магматической системы, имеющей эшелонированное строение.

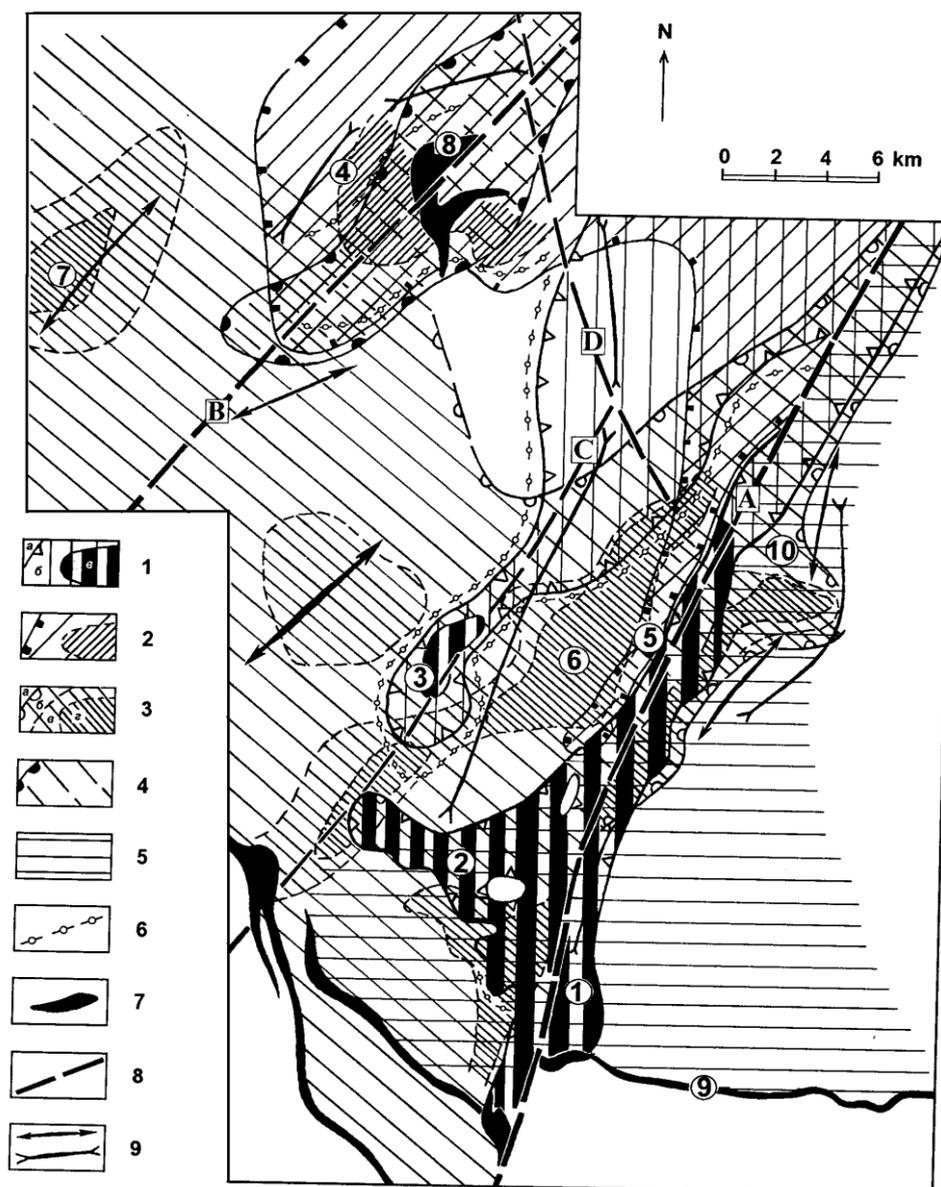


Рис.4.22. Схема совмещенных проекций расслоенных массивов и основных магмоконтролирующих структур Талнахского рудного узла (по материалам НКГРЭ, 1987): 1 – рудоносные расслоенные массивы Норильско – талнахского типа (1 – Талнахский, 2 –Хараелахский, 3 - Тоमुлахский): а – граничный контур, б – ареал интрузива, в – ареал пикритов; 2 – потенциально рудоносные интрузивы зубовского типа (4 – Тангаралахский, 5 – Западный); 3 – сульфидоносные интрузивы нижнеталнахского типа (6 – Нижнеталнахский, 7 – Нижний Тулаектаасский): а – граничный контур, б – ареал интрузива при мощности менее 25 м, в – то же при мощности более 25 м, г – ареал пикритов; 4 – сульфидоносные интрузивы моронговского типа (Верхний Тулаектаасский): граничный контур и ареал; 5 – ареал интрузивов круглогорского типа (9 – рч. Заячьего, 10 – Олорский, 11 – гряды Лесной); 6 – граничные контуры зон метаморфизма (Тоमुлахско – Каменистая, Тангаралахская, Приразломная); 7 – выходы интрузивов на поверхность; 8 – зоны разломов: А – Норильско – Хараелахский, В – Фокинско – Тангаралахский, С – Осевая, D - Северная; 9 – оси основных антиклинальных и синклиналиных структур.

Предполагается неразрывная связь дифференцированных интрузий с конкретными свитами туфолавовой толщи (Федоренко В.А., Стифеева Г.Т., Макеева Л.В., 1984, с. 56 – 65). Сульфидные Cu – Ni руды в рудоносных интрузиях

образуются в результате процессов динамической дифференциации, кристаллизации и контаминации (В.А. Радько, 1991, А.Ј. Naldrett, V.A. Fedorenko 1995, 1996, А.Д. Налдретт, 2003). Нижнеталнахский и норильско - талнахский типы интрузий, судя по геологическим и изотопно-геохимическим данным, вероятно, образовались в промежутке внедрения лав $Nd_2 - Mk$ (рис. 4.23). Интрузивы норильско-талнахского типа соответствуют магме $mr_2 - mk$, нижнеталнахского типа лавам $nd_2 - nd_3$.

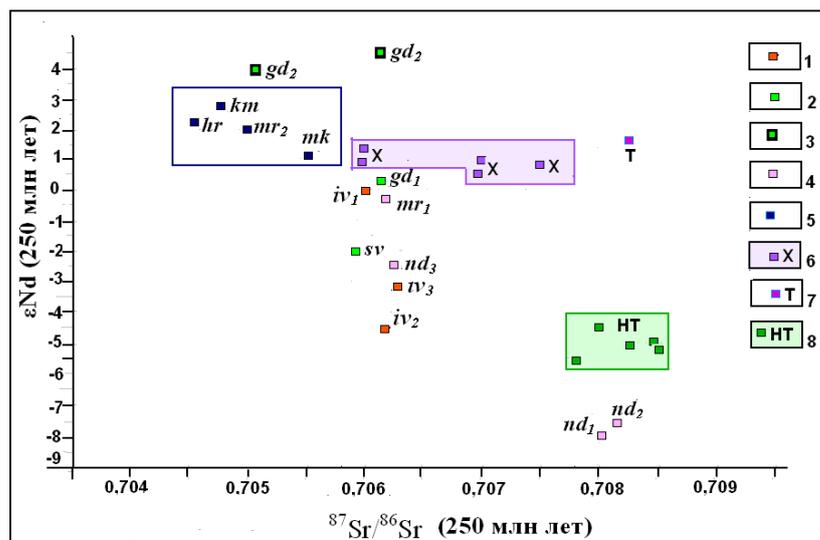


Рис. 4.23. Диаграмма $\epsilon Nd - {}^{87}Sr/{}^{86}Sr$ сравнения составов интрузий норильского и нижнеталнахского типов с вулканическими образованиями (по данным Wooden et al. (1993), Czamanske et al. (1995) и Адамская, Е.В., Бадинова, В.П. и др., 2016, с. 49-52). Начальные изотопные составы Nd и Sr для возраста 250 млн. лет из пород вулканической толщи, интрузивов рудоносных Хараелахского, Талнахского и слаборудоносного Нижнеталнахского: вулканыты: 1 – 5 – вулканыты: первого тектономагматического цикла верхнепермского времени, ивакинская свита (iv); 2 - второго тектономагматического цикла сыверминско - раннегудчихинского времени ($sv-gd_1$); 3 – третьего цикла среднегудчихинско-хаканчанского времени - пикритовые базальты гудчихинской свиты; 4 - четвертого цикла туклонско-надеждинского времени (nd); 5 - пятого цикла моронговского времени – моронговская свита (mr), шестого цикла мокулаевская свита (mk), седьмого цикла хараелахского времени (hr), восьмого цикла кумгинско-самоедский, кумгинская свита (km); 6 – Хараелахский интрузив (скважина КЗ-963); 7 – Талнахский интрузив (скв. 1739); 8 – Нижнеталнахский интрузив (скважина ТГ-31)

По вещественному составу и макро -скрытой расслоенности норильско - талнахский тип представлен рудоносными полнодифференцированными интрузивами от измененных габбродолеритов до пикритовых; слабодифференцированный круглогорский тип - лейкократовыми и оливинowymi габбродолеритами, слаборудоносный нижнеталнахский тип интрузивами, дифференцирован-

ными от безоливиновых до пикритовых габбродолеритов. Средние петрохимические составы пород приведены в Приложении 6, табл. 6.

На основе применения метода регрессивного факторного анализа (метод главных компонент) с использованием матрицы ковариаций петро-и геохимического состава (главные и редкие элементы) (табл. 4.6) установлена специализация оливиновых габбродолеритов, постоянно присутствующих во всех интрузивах норильского комплекса. Матрицы ковариаций приведены в Приложениях 20-26, Табл. 10-16. .

Таблица 4.6

Средние химические составы оливиновых габбродолеритов интрузивов норильско-талнахского, круглогорского и нижнеталнахского типов

компонент	Тип интрузива			компонент	Тип интрузива		
	Nr	Kg	Nt		Nr	Kg	Nt
SiO ₂	42,93	47,5	39,7	Cr	20	12,5	6,6
TiO ₂	1,14	1,06	0,4	Ni	9,66	11,9	6,7
Al ₂ O ₃	14,17	12,87	13,4	Co	4,14	3,97	3,9
Fe ₂ O ₃	5,75	13,95	2,6	Cu	23,8	31,1	11,6
MnO	0,19	0,29	0,21	Ti	357	366	339
MgO	11,14	10,74	15,7	V	13	21,3	11,2
CaO	11,43	9,37	9,5	Zr	5,93	5,8	4,7
Na ₂ O	1,46	2,09	0,7	Mo	0,103	0,09	0,11
K ₂ O	0,22	0,61	0,55	Pb	0,64	0,43	0,9
P ₂ O ₅	0,08	0,12	0,05	Zn	7,87	6,7	8,47
CO ₂	1,26	0,36	0,58	Ag	0,009	0,01	0,005
Cr ₂ O ₃	0,02	0,01	0,02	Mn	71	74,9	69,7
NiO	1,01	0,42	0,06	Sr	22,5	19,2	23,9
				Ba	7	15	14,7

Примечание: типы интрузивов Nr – норильско-талнахский; Kg - круглогорский; Nt - нижнеталнахский. Породообразующие окислы в мас.%, Cr, Ni, Co, Cu, Ti, V, Zr, Mo, Pb, Zn, Ag, Mn – в $n \cdot 10^{-3}$ вес.%.

Геохимическая специализация слабрудоносного интрузива нижнеталнахского типа, слабодифференцированного круглогорского типа и рудоносного норильско-талнахского типа представлена в таблицах 4.7 и 4.8. Внутри кластера интрузий Норильского комплекса никеленосность оливиновых габбродолеритов нарастает в следующей последовательности: нижнеталнахский тип → круглогорский тип → норильско-талнахский тип (рис. 4.24).

Таблица 4.7

Геохимическая специализация (редкие элементы) оливиновых габбродолеритах интрузий Норильского комплекса согласно факторным нагрузкам

Порода	ГК-I, λ, %	Ассоциация химических элементов		Геохимическая специализация
		Положительная	Отрицательная	
Габбродолериты оливиновые интрузий норильско-талнахского типа (Талнахский интрузив). Содержат прожилково-вкрапленное оруденение Cr-Pnt-Po состава	26	Cu ₈₀ , Ni ₆₉ , Ag ₅₈ , Ti ₄₈ , Zr ₃₈ , Cr ₃₉ , Co ₂₃ Значимая корреляция отмечается между Cu и Ni (согласно главной компоненты ГК- 1, характеризующей процесс рудообразования)	Ba ₅₀ , Sr ₄₄ , Pb ₁₄ , Zn ₃ .	Cu-Ni-Ag
Габбродолериты оливиновые интрузий круглогорского типа. Рудная минерализация (1-3%) представлена вкрапленностью Mt, Py и сульфидов	25	Ag ₉₆ , Ni ₉₇ , Cu ₉₄ , Pb ₆₆ , Zn ₄₄ , V ₄₀ , Co ₂₇ , Cr ₂₀ Значимая корреляция: между Ag, Cu и Ni (согласно ГК- 1, характеризующей процесс рудообразования)	Ba ₁₀ , Sr ₆ , Zr ₆	Ag-Ni-Cu
Габбродолериты оливиновые интрузий нижнеталнахского типа. Рудные минералы (до 5%) преобладают (75-95%) пирротин (моноклинный и гексагональный, троилит)	23	Co ₅₉ , Ni ₅₇ , Ti ₆₃ , Cr ₅₄ , Cu ₅₀ , Mo ₃₈ , Zn ₂₆ , Ag ₁₀ , Zr ₅₆ . Положительная корреляция: слабая корреляционная связь между Co и Cu; Ni и Co (согласно ГК- 1, характеризующей процесс рудообразования)	Ba ₅₀ , Sr ₆₅	Co-Ni-Cr или Ni-Co-Cr

Примечание: ГК-I, – главная компонента, λ, % - дисперсия

Таблица 4.8

Петрохимическая специализация (главные элементы) оливиновых габбродолеритов интрузий норильского комплекса согласно факторным нагрузкам

Порода	ГК-I, λ, %	Ассоциация химических элементов
Габбродолериты оливиновые интрузии норильско-талнахского типа (Талнахский интрузив)	30	[Na ₈₃ , Si ₇₄ , Ti ₆₇ , Fe ² ₆₄ , Co ₂₅] - [Ca ₈₅ , Al ₆₂ , Cr ₃₅ , Fe ³ ₂₇ , Mg ₁₀]
Габбродолериты оливиновые интрузии круглогорского типа	36	[Si ₈₀ , Fe ² ₇₆ , Ca ₆₂ , Cr ₅₈ , Ti ₅₀ , Na ₂₄ , Mn ₁₈] - [K ₈₇ , Co ₇₇ , Al ₆₇ , Fe ³ ₇₆ , Mg ₃₃]
Габбродолериты оливиновые интрузий нижнеталнахского типа	31	[Al ₉₂ , Ti ₈₈ , Si ₇₈ , K ₄₁ , Na ₄₁ , Co ₃₅ , Ca ₁₉] - [Mg ₈₂ , Mn ₅₄ , Fe ² ₅₂ , Cr ₁₅]

В слаборудоносном нижнеталнахском интрузиве сульфиды присутствуют преимущественно на участках непосредственного контакта с рудоносными интрузиями норильского типа, несущими платиноносно – никеленосное орудене-

ние. Сульфиды в Нижнеталнахском интрузиве много беднее Ni, Cu, Pt, Pd, Cr и не образуют промышленных руд. (см. табл. 4.8).

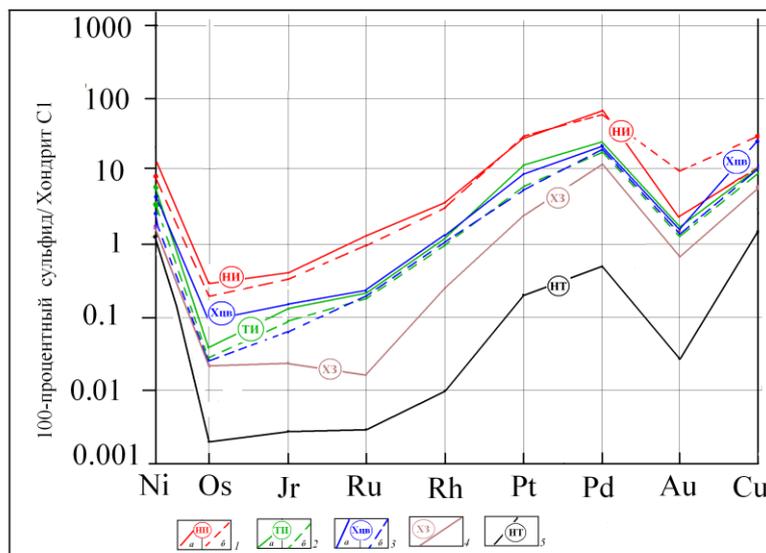


Рис. 4. 24. Распределение Ni, Cu и элементов платиновой группы в габбродолеритах интрузивов норильского комплекса (по материалам Налдрета А. Дж., 2003 с изменениями): 1 – Норильский интрузив: а – пикритовые габбродолериты, б – такситовые долериты; 2 – Талнахский интрузив Талнахского месторождения: а – пикритовые габбродолериты, б – такситовые габбродолериты; 3 – Хараелахский интрузив центральная и восточная части Октябрьского месторождения: а – пикритовые габбродолериты, б – такситовые габбродолериты; 4 - Хараелахский интрузив западная часть Октябрьского месторождения: а – пикритовые габбродолериты, б – такситовые габбродолериты; 5 – Нижнеталнахский интрузив

Эндогенная ассоциация определяется наличием дифференциатов в рудоносных интрузивах. В разрезе дифференцированного рудоносного интрузивного массива сверху вниз выделяются следующие серии и петрографические разновидности пород (рис. 4.25): 1) верхняя габбровая (расслоенная) серия – контактовые микродолериты, долериты, габбро-долериты, габбро - нориты, лейкократовое габбро, такситовые габбро-долериты, гибридно - метасоматические лейко – и меланократовые породы, габбро-диориты, пегматоидные и призматически-зернистые амфиболизированные габбро-долериты; 2) основная расслоенная серия – безоливиновые, оливинсодержащие, оливиновые, биотит-оливиновые габбро-долериты, пикриты со шлирами троктолитов, плагиоперидотитов, плагиооливинитов; 3) нижняя габбровая (расслоенная) серия – такситовые оливиновые, контактовые габбродолериты. Расположение дифференциатов внутри интрузивного массива образует сложную вертикальную и латеральную зональность (рис. 4.26). Вариации основных минеральных фаз в вертикальной после-

довательности пород рудоносного интрузива показаны на рис. 4.27.

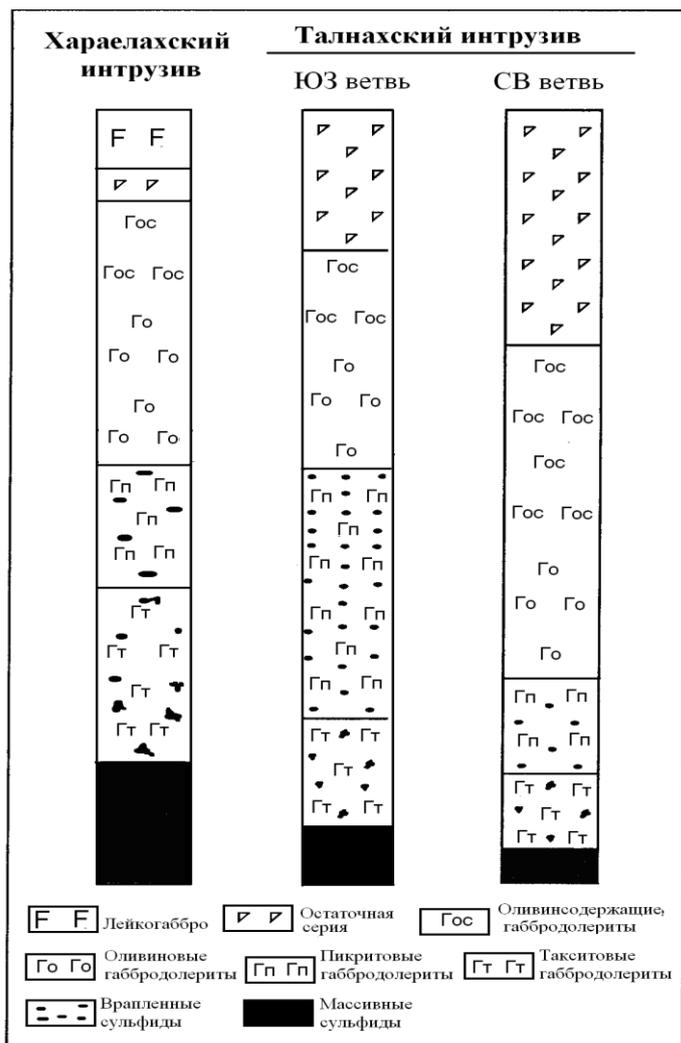


Рис. 4.25. Обобщенное строение расслоенных интрузивов Хараелахского (Октябрьское месторождение) и Талнахского (Талнахское месторождение)

Вариации основных минеральных фаз и химических компонентов в вертикальной последовательности пород рудоносного интрузива показаны на рис. 4.26, 4.27 и приведены в таблице 4.9. Внутренняя дифференциация рудоносных интрузивов иллюстрируется распределением химических элементов по их разрезу. Верхние горизонты, сложенные габбро лейкократовым, габбродолеритом кварцсодержащим, магнетитовым габбро и габбро-диоритом обогащены SiO_2 , TiO_2 , P_2O_5 , CO_2 , Fe, La, Sm, Eu, Y, Yb, Zr, Rb, Sr, Ba (рис. 4.28).

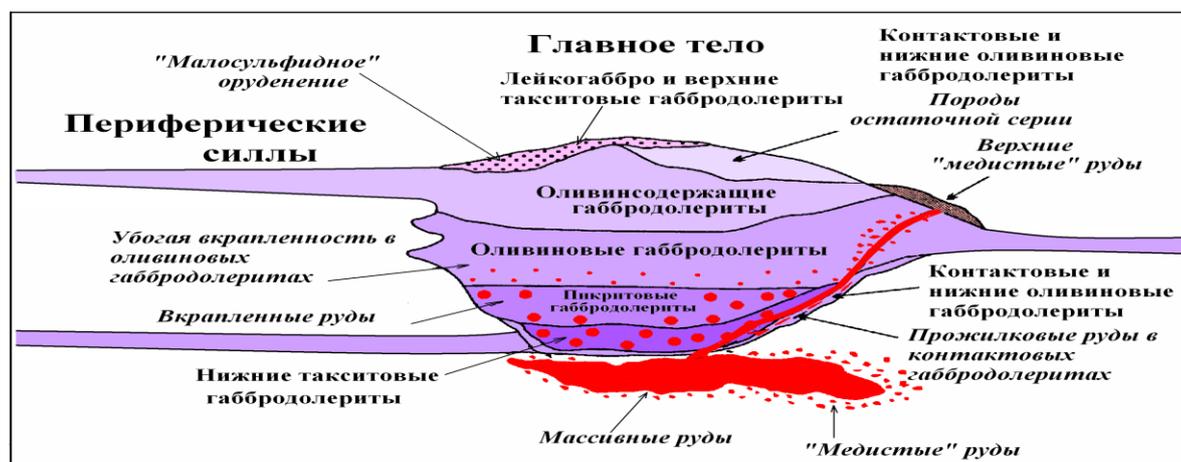


Рис. 4. 26. Схематический обобщенный разрез интрузива норильско-талнахского типа, показывающий его внутреннюю структуру и ассоциирующие типы руд (по Федоренко В.А., 2003 с изменениями)

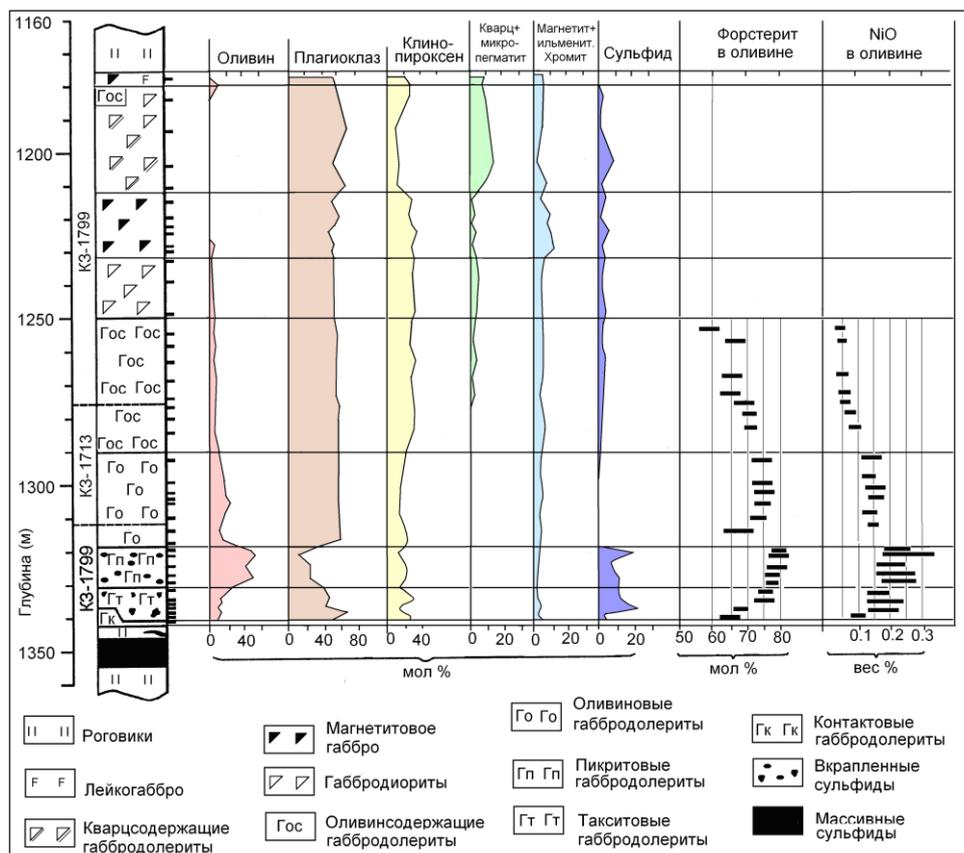


Рис. 4.27. Вариации минерального состава пород рудоносного интрузива (по материалам «Норильск-геология» с изменениями)

Таблица 4.9
Химические составы пород рудоносных интрузивов Талнахского рудного узла
(по материалам Czamanske et al., 1995)

	Гл	Гкв	Мгаб	Гдиор	Гос	Го	Гп	Гт	Гк
SiO ₂	46,1	56,9	49,7	50,1	49,6	47	42,6	42,04	48,1
TiO ₂	0,56	2,09	3	1,3	1,14	0,88	0,66	0,71	1,2
Al ₂ O ₃	23	12,1	12,2	13,8	17,8	18,8	10,1	14,6	15,2
FeOT	7	14,5	22,1	11,6	10,9	13,3	20,6	19,9	12,5
MnO	0,16	0,25	0,41	0,27	0,22	0,22	0,22	0,21	0,22
MgO	6,1	2,35	6,9	6,4	8,2	14,6	25,1	16,8	7,2
CaO	11,6	6,8	10,6	11,9	13,8	11,5	7,2	10	10,3
Na ₂ O	2	6	3,3	2,5	2,4	1,9	1,01	1,12	1,91
K ₂ O	2,8	2,1	1,3	0,9	0,86	0,49	0,29	0,61	0,89
P ₂ O ₅	0,08	0,48	0,36	0,18	0,14	0,11	0,1	0,09	0,15
CO ₂	0,19	1,15	0,06	0,04	0,05	0,14	0,6	0,45	0,05
S	0,29	0,94	0,79	0,21	0,2	0,69	5,6	6,5	0,32
Cr	270	2,7	116	35	740	2750	4550	590	170

продолжение таблицы 4.9

	Гл	Гкв	Мгаб	Гдиор	Гос	Го	Гп	Гт	Гк
Ni	570	21	154	71	114	860	8700	7500	225
Co	36	31	83	46	47	94	316	316	54
Cu	700	124	870	235	192	1050	13800	21000	640
Au	30	2,5	8,3	7,1	16,3	19	175	491	7
Pd	840	1	4,6	0,6	2,85	410	3500	8500	66
Pt	370	0,6	4,2	180	130	47	1100	3200	28
Rb	85	42	46	37	30	21	12	27	31
Sr	350	254	275	290	290	280	146	215	250
Ba	400	370	350	230	250	184	94	136	330
Zr	48	370	166	122	87	68	56	49	98
La	6,7	39	23	12	8,4	5,3	4,6	4	10,1
Sm	2,1	17	6,6	3,7	3,1	2,3	1,9	1,8	3,71
Eu	0,7	3,4	2,3	1,2	1,1	0,84	0,58	0,59	1,17
Yb	1,2	10	5,1	2,7	2,5	1,8	1,48	1,31	2,56
Y	20	114	47	31	36	20	14	19	27

Примечание: Гл – габбро лейкократовое, Гкв – габбродолерит кварцсодержащий, Мгаб – магнетитовое габбро, Гдиор – габбро-диорит; Гос – габбродолерит оливинсодержащий, Го – габбро-долерит оливинный, Гп – габбродолерит пикритовый, Гт – габбродолерит такситовый, Гк – габбро-долерит контактовый. Породообразующие окислы, CO_2 и S – вес.%, Au, Pd, Pt – мг/т, остальные в г/т

Нижние дифференциаты, содержащие рудную минерализацию, выделяются экстремально высокими содержаниями Cr, MgO, Cu, Ni, Co, Rt и Rd, повышенными P_2O_5 , CO_2 , Fe и экстремально минимальными Ba и Sr. Породы средней части интрузива – габбродолериты оливинсодержащие и габбродолериты оливинные разделяют две контрастные области рудоносного интрузива с экстремально высокими содержаниями элементов и выделяются высокими содержаниями K_2O , CaO, Na_2O и Al_2O_3 (рис. 4.28). Приведенная последовательность дифференциатов выдерживается на преобладающей части площади интрузива. Ее нарушение устанавливается на флангах и во фронтальных частях массива. Здесь происходит выпадение отдельных горизонтов пород, прежде всего такситовых габбро долеритов и пикритов. Кроме главного расслоенного тела интрузивов содержит широкий ареал его краевых фаций.

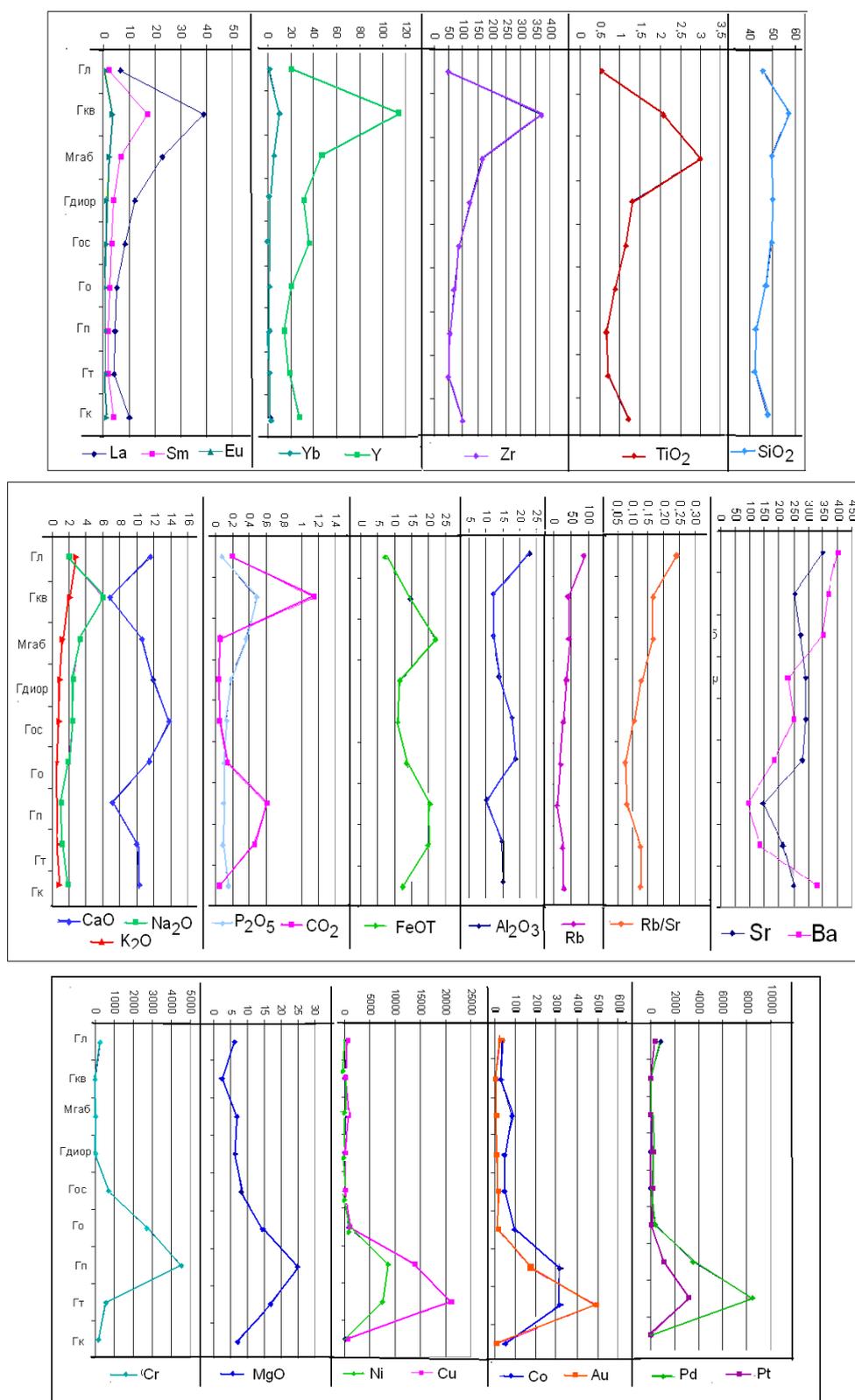


Рис. 4.28. Вариации химического состава по разрезу пород дифференцированного рудоносного интрузива (условные обозначения см. примечание табл. 4.10)

Геохимическое моделирование внутреннего строения рудоносного интрузива (рис. 4.29) производилось с применением пакета прикладных программ «ГЕОСКАН», для чего привлекались литохимические пробы керна скважин

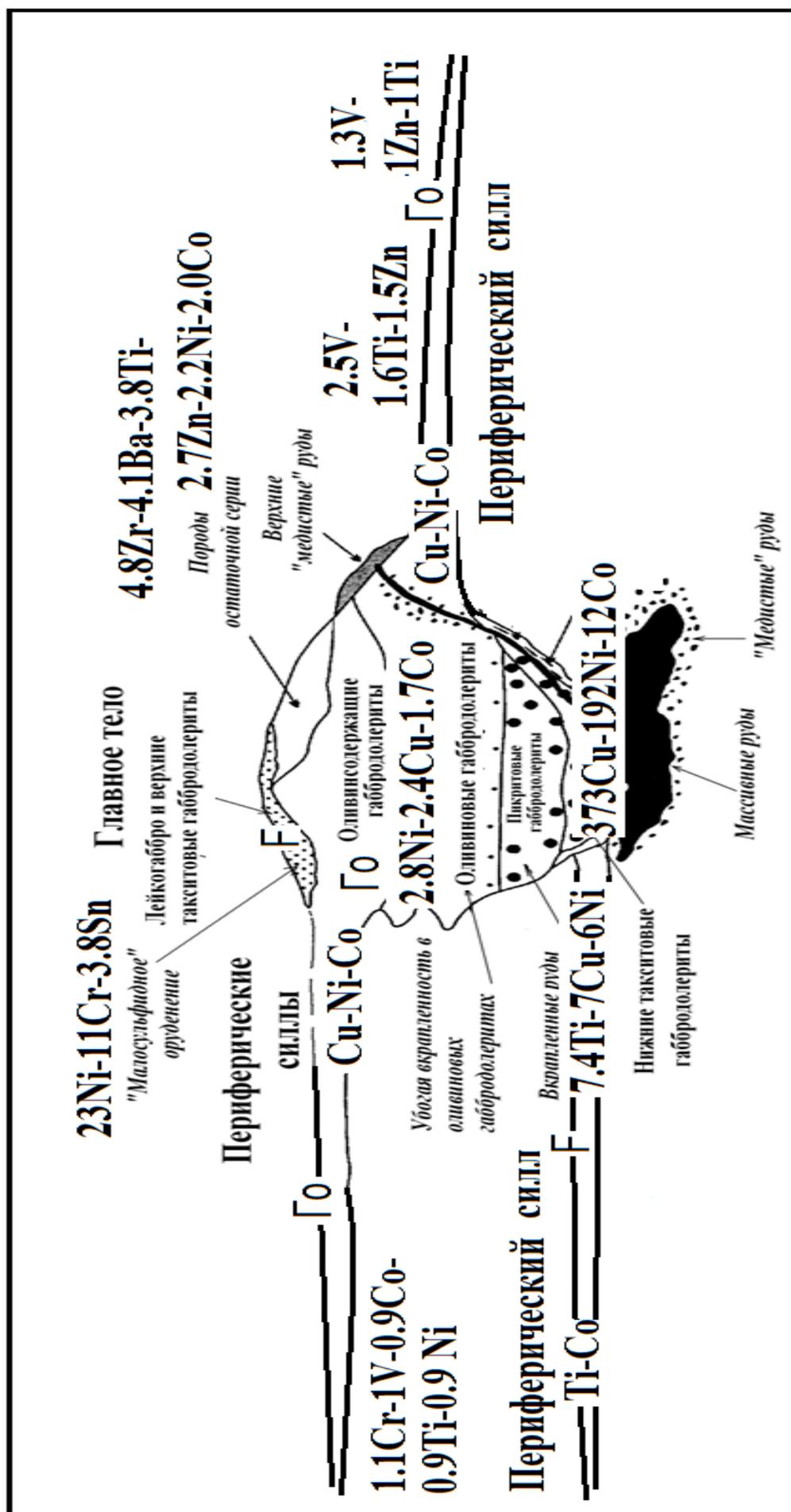


Рис. 4.29. Вертикальная геохимическая зональность рудоносного интрузива норильско-тагнахского типа (по материалам Федоренко В.А. с изменениями): габродолериты: 1 – оливинитовые, 2 – пикритовые, 3 – лейкокраповые; 4 – измененные

проанализированные на Cu, Ni, Co, Cr, V, Ti, Zr, Zn, Pb, Sr, Mn, Mo, Y, Yb, Sn, Ag, P (содержания в $n \cdot 10^{-3}$ вес.%) (см. табл. 2.5, 2.6, 2.9 - 2.11). Вертикальная геохимическая зональность рудоносной интрузии совпадает с горизонтами дифференциатов интрузива в различной степени обогащенных сульфидами: Zr ($K_k = 4.8$) – Ba ($K_k = 4.1$) – Ti ($K_k = 3.8$) – Zn ($K_k = 2.7$) – Ni ($K_k = 2.2$) – Co ($K_k = 2.0$) (породы остаточной серии: лейкогаббро, габбро диориты, кварцсодержащие габбро) → Ni ($K_k = \text{до } 23$) - Cr ($K_k = \text{до } 11$) - Sn ($K_k = \text{до } 3.8$) – Pb ($K_k = \text{до } 2.3$) (габбродолериты обогащенные хромитом – верхний такситовый горизонт) → Ni ($K_k = \text{до } 2.8$) – Cu ($K_k = \text{до } 2.4$) – Cr ($K_k = \text{до } 2.0$) – Co ($K_k = \text{до } 1.7$) (безоливиновые и оливиновые габбродолериты с вкрапленным оруденением) → Cu ($K_k = \text{от } 11 \text{ до } 373$) – Ni ($K_k = \text{от } 6.9 \text{ до } 192$) – Co ($K_k = 12$) – Cr ($K_k = 4$) – Zn ($K_k = 2.2$) – Sr ($K_k = 2.0$) – Sn ($K_k = 1.3$) (пикритовые, такситовые габбродолериты с горизонтами богато вкрапленных и сплошных руд) (рис. 4.29) [97].

Породы периферических сил, сложенные измененными лейкократовыми габбро с пиритовой и магнетитовой минерализацией, фиксируются аномалиями Ti – Co и Ti – V (или V – Ti) или Ti – Cu – Ni. Силлы измененных оливинсодержащих габбродолеритов с пиритовой минерализацией маркируются аномалиями Cr – V – Co – Ti – Ni (рис. 4.29).

4.3. Геохимическая специализация отложений вмещающих рудоносные интрузивы

Литолого-стратиграфический контроль размещения никеленосных интрузивов норильско-талнахского типа заключается в наличии двух горизонтов их локализации. Осевые зоны интрузивов согласуются как с простиранием пликативных структур, ограничивающих развитие дифференцированных интрузивов, так и с разрывными нарушениями (см. рис. 4.22). Хараелахский интрузив (Октябрьское месторождение) располагается в западном опущенном борту разлома и локализуется в отложениях девона (рис. 4.30). Талнахский интрузив расположен в восточном борту и залегает в отложениях тунгусской серии (рис. 4.31).

Горизонты локализации рудоносных интрузий характеризуются чередованием пород контрастного литологического и химического состава, однородные по составу толщи встречаются редко.

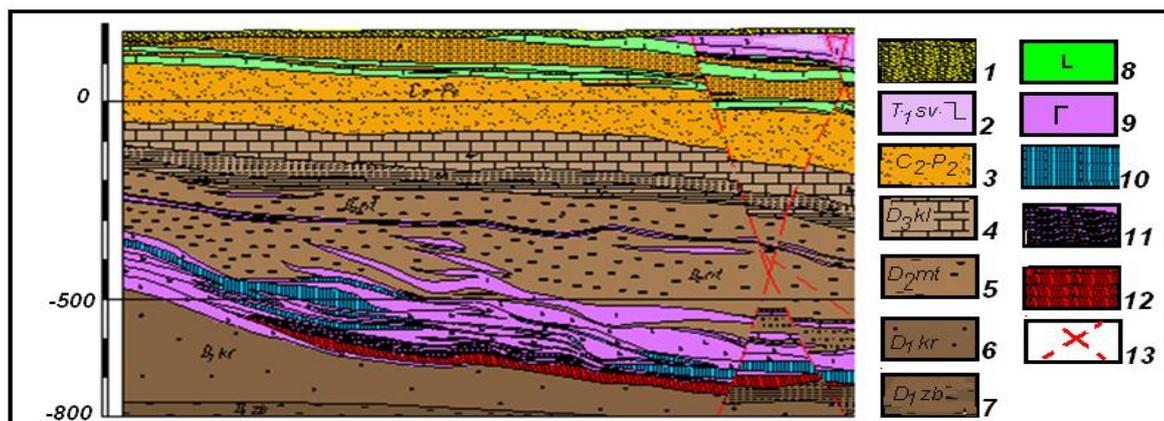


Рис. 4.30. Геологический разрез Хараелахского интрузива Октябрьского месторождения (по данным ПО «Норильскгеология», 2002): 1 – четвертичные отложения; 2 – базальты толеитовые сыверминской свиты; 3 – отложения тунгусской серии; 4 – известняки каларгонской свиты; 5 – сульфатно-карбонатные отложения мантуровской свиты; 6 – доломито-мергельные отложения курейской; 7 – ангидрито-мергельные отложения зубовской свиты; 8 – долериты Ергалахского комплекса; 9 – габбродолериты Хараелахского дифференцированного рудоносного интрузива; 10 – горизонт вкрапленных руд; 11 – прожилково-вкрапленные «медистые» руды; 12 – сплошные руды; 13 – разрывные нарушения

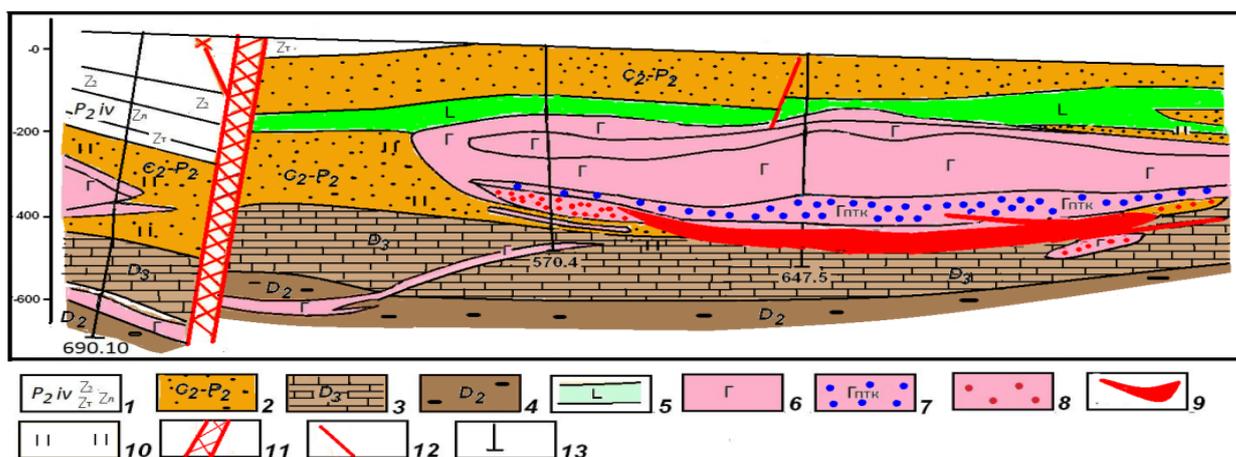


Рис. 4.31. Геологический разрез Талнахского месторождения (по данным ПО «Норильскгеология», 2002): 1 – базальты ивакинской свиты; 2 – терригенные породы тунгусской серии; 3 – карбонатные породы верхнего девона; 4 – сульфатно-карбонатные отложения среднего девона; 5 – долериты; 6 – габбродолериты рудоносного интрузива; 7 – вкрапленные руды в пикритовых, такситовых и контактовых габбродолеритах; 8 – прожилково-вкрапленные руды; 9 – сплошные массивные руды; 10 – роговики; 11 – зона Главного шва Норильско-Хараелахского разлома; 12 – разрывные нарушения; 13 – ствол скважины

Разрез осадочной толщи представлен (сверху-вниз) (рис. 4.32): 1) алюмосиликатными существенно полевошпатowymi породами тунгусской серии;

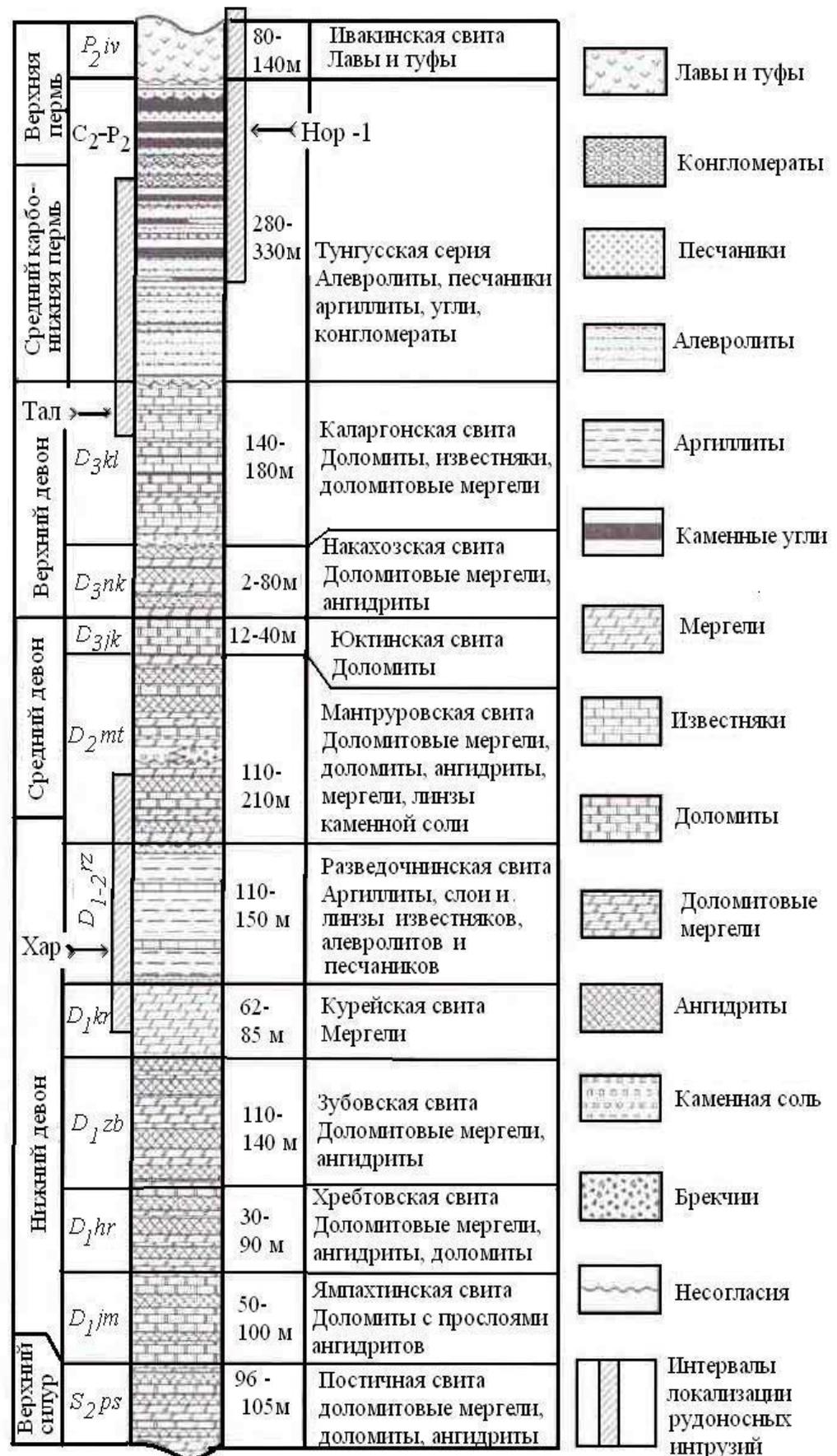


Рис. 4.32. Стратиграфическая колонка осадочной толщи площади Хараелахской мульды (по материалам «Норильскгеология», 1998)

2) карбонатными и карбонатно-глинистыми породами фокинской, каларгонской, накохозской, юктинской и мантуровской свит; 3) алюмосиликатными существенно глинистыми (гидросланцевыми) породами разведочнинской и, частично, курейской свит; 4) карбонатно-глинистыми и карбонатными породами курейской, зубовской свит (рис. 4.32). При этом карбонатные и карбонатно-глинистые породы девонской системы считаются существенно доломитовыми.

Средние химические составы осадочных пород тунгусской серии, девона и его литологических разновидностей приведены в таблицах 4.10 и 4.11.

Таблица 4.10

Средние химические составы пород тунгусской серии и литологических разновидностей
отложений девона Талнахского рудного узла

Компонент	Тунгусская серия С ₃ -Р ₂ песчаники, алевролиты, аргиллиты алевритистые, угли каменные	Девонская система							
		Доломиты			Мергели			Аргиллиты	
		чистые	с примесью SiO ₂ и Al ₂ O ₃	кремнистые	глисто-доломитовые	доломитовые	глинистые доломитовые	пелитоморфные	алевритистые, алевролиты, песчаники
SiO ₂	46.52-74.32	0.32	3.4	12.08	20.53	30.66	42.78	53,81	67.33
TiO ₂	0.35-1.08	-	0.01	0.15	0.26	0.45	0.63	0,96	1.54
Al ₂ O ₃	11.38-17.8	0.26	1.21	1.89	5.55	8.98	13.24	18,25	14.06
Fe ₂ O ₃	0.08-4.68	0.42	0.61	0.70	1.35	2.52	5.63	3,92	2.71
FeO	1.42-6.94	0.33	0.57	0.84	1.30	2.08	1.51	4,94	4.93
MnO	0.02-0.12	0.04	0.09	0.24	0.17	0.21	0.25	0,08	0.05
MgO	0.91-4.4	21.09	19.21	17.45	16.02	12.18	7.35	3,63	1.43
CaO	0.69-3.02	31.56	30.29	26.13	20.54	16.01	8.66	2,45	0.66
Na ₂ O	0.78-5.14	0.42	0.40	1.40	0.82	0.79	0.87	1,79	0.74
K ₂ O	1.92-3.37	0.17	0.30	0.31	0.98	2.04	3.18	3,03	1.94
P ₂ O ₅	0.16-0.26	0.01	0.05	0.12	0.09	0.19	0.27	0,24	0.36
SO ₃		0.1	0.10	0.90	0.36	0.15	0.11	0.13	0.11
CO ₂	0.02-6.65	44.83	43.22	38.04	31.21	21.39	12.37	1,29	0.12
П.п.п.	-	0,49	0.25	-	0.38	1.62	2.06	5,2	3.63
сумма	100.24	100.4	99.71	100.25	99.51	99.27	100.16	99.72	99.61

Примечание: С₃-Р₂ –отложения тунгусской серии; D₃fk - фокинская свита : мергели, доломиты, известняки; D₃kl - каларгонская свита: известняки доломиты, карбонатные брекчии; D₃nk – доломиты, мергели; D₃jk - юктинская свита: доломиты кавернозные, доломиты глинистые; D₂mt - мантуровская свита: ангидриты, мергели, доломиты; D₁gz -разведочнинская

Таблица 4.11

Средние химические составы осадочных пород тунгусской серии и девона
Талнахского рудного узла

Ком- понент	Карбон- пермь	Девонская система							
	нерасчле- ненные	верхний отдел				средний отдел	нижний отдел		
		C ₃ - P ₂	D ₃ fk	D ₃ kl	D ₃ nk		D ₃ jk	D ₂ mt	D ₁ rz
Ba	41	25.0	7.0	3.3	1.5	4.9	32	15.1	28.2
Cu	4	2,8	2.8	2.8	2.0	1.7	4.3	5.4	3.3
Ni	4.8	1,9	1.3	1.1	1.1	1.3	5.2	3.8	1.3
Co	1.5	0,8	0.51	0.4	0.3	0.3	2.4	1.5	0.5
Cr	11.3	3,1	2.8	2.0	1.4	2.0	9.2	8.4	2.5
Ti	540	206	7.7	127	96	60	420	354	100
V	12	4,2	2.4	2.3	2.2	1.6	12.1	13	7.4
Cr	11.3	3,1	2.8	2.0	1.4	2.0	9.2	8.4	2.5
Ti	540	206	7.7	127	96	60	420	354	100
V	12	4,2	2.4	2.3	2.2	1.6	12.1	13	7.4
Zr	19.4	10,5	4.0	6	4.9	3.4	12.5	11.0	5.5
Pb	1.3	0,8	0.96	1.6	0.7	0.5	0.9	0.6	0.5
Zn	5.7	1,1	1.5	1.5	1.6	1.7	5.5	3.0	1.9
Mn	49.2	32,2	47.4	50.0	48.5	62.0	82	61.0	66.3
Mo	0.08	0,14	0.14	0.1	0.08	0.06	0.2	0.1	0.08
Sr	21	8	8,7	10.3	5.3	43.0	19	71.4	167
Y	1.1	0,5	0.6	0.5	0.6	0.6	0.6	0.8	0.8
Yb	0.25	0,11	0.11	0.1	0.1	0.1	0.1	0.2	0.13
Sn	0.1	0,2	0.2	0.2	0.2	0.3	0.2	0.2	0.4
Ag	0.05	0,06	0.008	0.005	0.005	0.006	0.005	0.005	0.005

4.3.1. Геохимическая специализация пород тунгусской серии и контактового ореола Талнахского интрузива

Континентальные алюмосиликатные терригенные сульфидосодержащие угленасыщенные отложениях тунгусской серии (угленосно-параллическая формация) представлены следующим составом пород: (общ. %): алевролиты безуглистые и слабоуглистые – 33,2; песчаники мелко- и тонкозернистые – 29,5; аргиллиты безуглистые и углистые – 17,3; угли каменные – 4,6; конгломераты и гравеллиты – 1,4; туфогенные породы – 0,9; мергели и известняки – 0,4. В целом в разрезе образований тунгусской серии преобладают полимиктовые песчаники, реже мономинеральные кварцевые и плевошпато-кварцевые песчаники. Кластическая часть песчаников (50–80 % об.) представлена кварцем (30–60 %), плагиоклазом, микроклином, мусковитом, биотитом, хлоритом. Среди акцессорных минералов преобладают циркон, апатит, турмалин, сфен. Цемент поровый или

базальный или гидрослюдистый. Алевролиты по составу кластической части аналогичны песчанкам и отличаются лишь структурой. Примесь псаммитового материала в алевролитах достигает 15–25 %.

Аргиллиты преимущественно алевритистые, сложены гидрослюдами с примесью каолинита и монтмориллонита. В разрезе тунгусской серии встречаются линзы и пласты мергелей и глинистых известняков мощностью 1.5–2 м, сульфидные (пирит, марказит) оксидные и кремнистые конкреции размером от долей мм до 8-1. м длины и 2–3 м мощности. Для пород серии по сравнению с остальными осадочными образованиями характерно повышенные содержания Zr ($19,4 \times 10^{-3}$ вес.%), Ti ($0,540 \times 10^{-3}$ вес. %), Y, Yb, Ba, Pb и низкие содержания Sr, Cr, Co, Cu, Ni, которые в обычных условиях формируют зоны «выноса» геохимических ассоциаций (см. табл. 2.3, 3.11, 3.12). Кроме того, существенно полевошпатовый состав пород тунгусской серии определяет широкую вариацию содержаний Na_2O при сравнительно постоянном содержании K_2O (см. табл. 4.11). Примесь алевритового материала (кварц, полевые шпаты, карбонаты, халцедон, серицит, биотит, хлорит, пирит) составляет 10 – 15%. Примесь углефицированных растительных остатков в углистых аргиллитах составляет до 15 – 55%. Среднее содержание циркония в терригенных отложениях составляет 180 ppm, что близко к кларковому содержанию элемента в осадочных породах. Наибольшая часть циркония распространенного в породах связана с цирконом (ZrSiO_4). Кроме того, Zr наблюдается в минералах в виде микролитов, а также в минералах, катионы которых могут замещаться цирконием. Наиболее высоким содержанием циркония отличаются натриевые полевые шпаты, апатит, слюды и слюдяные сланцы. Обломки туфов, находящиеся в песчаниках также содержат Zr: при выпадении кремнекислоты в виде туфа из горячих растворов захватывается и цирконий.

Следует отметить, что породы тунгусской серии в пределах месторождений по всему разрезу изменены под воздействием регионального метаморфизма и щелочного метасоматоза (Туровцев, Д. М., 1973, с. 35-37; 2000, с.5-8). Поэто-

му, геохимическая зональность терригенных отложений в большей мере отражают распределение элементов в ходе наложенных процессов, а не процессов сидементационного образования первичного состояния литотипов. Отложения тунгусской серии в целом геохимически специализированы на Zr и Ti (Мирошникова Л.К., 2000, 2001, 2010, с. 66-71; 2013 с. 165-170). Главным образом, эти микроэлементы характерны для акцессорных минералов, являющихся составной частью терригенных пород, слагающих основную часть стратиграфического разреза толщи. Зональность ореолов Zr и их состав приводятся в таблице 2.3 и Приложениях 12, рис.3 и Приложении 16, рис. 6.

Талнахский интрузив, с которым связано Талнахское платино-медно-никелевое месторождение расположен в восточной части Талнахского рудного узла, где он залегает в терригенных отложениях тунгусской серии. В строении интрузива отмечаются следующая макрорасслоенность (сверху вниз): 1- верхняя дифференцированная серия – гибридно-метасоматические и контаминированные породы с ксенолитами роговиков и метасоматитов, эруптивные брекчии, габбро-диориты, амфиболизированные габбродолериты, лейкогаббро и хромитоносное такситовое габбро; 2 – основная дифференцированная серия – горизонты безоливиновых, оливинсодержащих, оливиновых, пикритовых, меланотроктолитов; 3 – нижняя дифференцированная серия – такситовые и контактовые габбродолериты, контаминированные и гибридно-метасоматические породы с ксенолитами роговиков. Особенностью Талнахского интрузива является присутствие в строении интрузива над оливиновыми габбро-долеритами пород остаточной серии, в число которых входят габбродиориты, магнетитовые габбро и кварцевые диориты. Эти породы имеют непрерывное площадное распространение и сменяются амфиболизированными габбродолеритами. Мощность гибридно-метасоматических пород, слагающих внешнюю экндоконтактовую зону интрузива, составляет от 1 до 15 м. По составу они соответствуют кварцевым монцонитам – кварцевым диоритам, обогащены кварцем, микропегматитом, биотитом, апатитом, калиевым полевым шпатом и включают ксено-

литы апопесчаниковых преимущественно кварцевых или кварц-полевошпатовых роговиков [129, с.5-8].

В данных породах цирконий главным образом содержится в пироксенах и амфиболах. Кроме того, Zr концентрируется в рутиле, сфене, магнетите, слюде, ильмените и апатите. Родственной связью с цирконом обладают окислы титана, олова и ниобия. Из окислов железа наиболее высоким содержанием циркония характеризуется титаномагнетит, который способен замещаться цирконием.

Содержание Zr достигает 260 – 370 ppm, что в 5 – 6 раз превышает его количество в остальных дифференциатах интрузива и приближено к кларковому содержанию Zr в диоритах (300 ppm).

В таблице 4.12 приведен сравнительный химический состав пород тунгусской серии и кварц габбро-диоритов (верхнего эндоконтакта интрузива) и контактовых габбро-долеритов (нижнего эндоконтакта интрузива).

Таблица 4.12

Сравнительный химический состав пород тунгусской серии и кварц габбро-диоритов (верхний эндоконтакт интрузива) и контактовых габбродолеритов (нижний эндоконтакт интрузива)

Химический состав	Породы тунгусской серии	Кварцсодержащий габбро-диорит (верхний эндоконтакт интрузива)	Контактный габбро-долерит (нижний эндоконтакт интрузива)
SiO ₂	46,52-74,32	53.3-56.9	48.1
TiO ₂	0,35-1,08	1.27-2.09	1.2
Al ₂ O ₃	11.38-17.84	11.5- 12.1	15.2
FeO	1.46-6.94	12.3 – 14.5	12.5
MnO	0.02-0.12	0.14 – 0.25	0.22
MgO	0.91-4.4	1.16 – 2.35	7.2
CaO	0.69-3.02	4.8 – 6,8	10.3
Na ₂ O	0.78-5.14	4.1 – 6.1	1.9
K ₂ O	1.92-3.37	0.25 – 2.1	0.89
P ₂ O ₅	0.16-0.26	0.44 – 0.48	0.15
CO ₂	0.02-6.65	0.06 – 1.15	0.05
Zr	180	260 - 370	40 - 76
Ba	250	170 - 370	164 - 295

Примечание: содержания Zr даны в ppm

При литификации осадков распределение Zr, Ba и Ti в терригенных породах подчиняется нормальному закону и не превышают фоновых содержаний. Обогащение пород Zr, Ba и Ti и образование их аномалий происходит только в контактовых ореолах Талнахского интрузива, а также в верхних прикровельных дифференциатах интрузива - габбродиоритах, магнетитовых габбро и кварцевых диоритах (Мирошникова Л.К., 2010, с.66-71). Образование аномалий Zr, Ba и Ti возможно объяснить исходя из следующих рассуждений.

Причиной возникновения расслоенных базитовых интрузий является кристаллизационно-гравитационная дифференциация, которая происходит как в современных камерах, так и в глубинных или промежуточных очагах и завершается *in situ* [19, с. 8-73].

Скрытая расслоенность в интрузиве выражается в закономерном изменении состава минеральных ассоциаций, в том числе повышении железистости феррических минералов и щелочности плагиоклаза в процессе кристаллизации, которые совпадают с последовательностью формирования пород от подошвы к кровле интрузии [129].

Направленность процесса кристаллизации намечается уже на микроуровне в последовательности кристаллизации минералов, а также по изменению их состава в направлении от центра к краю зональных зерен и по характеру мезостазиса породы, которые выдерживаются в соответствии с реакционным принципом Боуэна. В связи с этим, состав плагиоклаза раскисляется, становится более щелочным, остаточный расплав приобретает состав толеитового стекла повышенной кремнекислотности или кристаллизуется с образованием микропегматита и гранофира. По определению В.В. Рябова «кристаллизация любого магматического расплава сопровождается отделением растворенных в нем летучих, а гравитационный эффект предполагает миграцию их снизу в верх по разрезу магматического тела и в направлении от корневых частей магматической колонны к ее фронтальным частям» [114]. В разрезе субпластового тела интрузива образуется зона располагающаяся под экраном верхних контактовых

корок закала, то есть (верхняя эндоконтактовая зона) ВЭЗ, наиболее обогащенная летучими. По мере кристаллизации летучие концентрируются в ВЭЗ и в зависимости от их объема создают флюидонасыщенные участки или целые горизонты. Флюидизированные расплавы кристаллизуются здесь в виде различных по размеру пегматоидных образований и ореоле метасоматитов. Вещественный состав горизонтов представляет закономерное окончание кристаллизационных трендов. При формировании пегматоидов использовались только местные ресурсы летучих. Дополнительная мобилизация летучих компонентов могла осуществляться магматическим расплавом при его движении через породы осадочного чехла. Экраном под которым накапливались и мигрировали флюиды в ВЭЗ служат углифицированные терригенные породы, обладающие большой адсорбционной способностью и силы титан-авгитовых долеритов и трахидолеритов.

В результате кристаллизации магматического расплава в ВЭЗ происходит повышение железистости его остаточных порций, также накопление ряда химических компонентов, среди которых F, Cl, H_2S , CO_2 , H_2 , CH_4 , B_2O_3 , P_2O_5 , Cr_2O_3 , TiO_2 , и др. Верхний тип пегматоидов образовался только за счет флюидов, которые были растворены в расплаве и по мере его остывания и кристаллизации в гипабиссальной камере мигрировали в ее верхнюю часть. Эти пегматоиды представлены призматически зернистыми габбро-долеритами и габбро-пегматитами с кварцем и (или) микрогранофиром или без него [114].

Пронизывая осадочный чехол, флюидонасыщенная магма избирательно экстрагировала, мобилизовывала и активизировала компоненты вмещающих пород, в том числе летучие, которые повышали давление летучих в магматической системе и расширяли фазовый состав флюидов. Учитывая состав породы рамы, можно предполагать, что поднимающаяся из глубинного очага магма вполне могла обогащаться водородом, углеводородом, серой и другими летучими.

Геохимическая распространенность циркония в изверженных породах обусловлена его способностью накапливаться в поздних (от кислых до средних) продуктах магматической дифференциации, где Zr связан не только с циркониевыми минералами, но и находится во многих породообразующих минералах, в которых имеется железо или титан, способные в небольших количествах замещаться цирконием [Дегенхард Х, 1959, с.157-209].

В габбро и диабазах, в которых обнаруживается аксессуарный циркон, чуть ли не половина циркония связана с пироксеном. Остаток распределен в плагиоклазе, магнетите, апатите. Бедные кремнекислотой разновидности отличаются низким содержанием циркония. С увеличением железистости пород вверх по разрезу интрузива происходит последовательное обогащение Zr габбро-родолеритов.

В ходе магматической дифференциации цирконий из первичной магмы поступает в силикатный расплав. В период главной кристаллизации, ранее выпавшие микролиты циркония и апатита захватываются кристаллизующимися пироксенами, амфиболами и слюдами. Часть еще находящегося в расплаве циркония входит в небольших количествах в структуру полевых шпатов и слюд, а большая доля циркония захватывается пироксенами и амфиболами. Основная масса циркония остается в остаточном расплаве. Активное взаимодействие магмы и вмещающих пород подтверждается исследовательскими работами, в которых рассмотрено распределение изотопов $\delta^{18}\text{O}$ в интрузивных и контактовых породах (Покровский Б.Г., Служеникин С.Ф., Криволицкая Н.А., 2002г. «Изотопный состав кислорода и водорода в трапповых интрузивах Норильского района». Доклады академии наук, 2002, том 383, № 5, с. 675 - 679). Было установлено, что породы центральной части Талнахского интрузива имеют близкие к мантийным и несколько пониженные значения $\delta^{18}\text{O}$, которые резко увеличиваются вверх и вниз по разрезу, причем контактовые габбро-родолериты по изотопному составу кислорода почти неотличимы от апотерригенных роговиков экзоконтактов. Вариации $\delta^{18}\text{O}$ заметно увеличиваются лишь в

узкой прикровленной зоне.

Обогащение флюидных потоков водой, серой и галогенидами произошло в раннепермское время (домагматический этап развития) в результате субдукции океанической коры (Карская плита) и затягивание океанических осадков под Сибирскую платформу (Додин металлогения, Альмухамедов). Максимум водного флюида существовал в пределах верхних частей камер, где формируются мафитовые магмы в вершинах диапиров [23,40].

Очевидная связь изотопного состава кислорода в породах, слагающих интрузив, с характером вмещающих их пород не оставляет сомнений в том, что интрузии активно взаимодействовали с рамой. Влияние вмещающих пород на изотопный состав кислорода интрузивных пород могло осуществляться как на магматической стадии – в результате ассимиляции корового материала или поглощения флюида, так и на постмагматической стадии – в результате взаимодействия термальных вод с уже раскристаллизованной породой.

Область интенсивного взаимодействия флюидной фазы и вмещающей осадочной толщи, является ВЭЗ наиболее обогащенная летучими и которая, по сути, представляет собой долгоживущую флюидно-магматическую систему насыщенную CO_2 , H_2 , CH_4 , B_2O_3 , P_2O_5 , Cr_2O_3 , TiO_2 . В этих условиях протекают процессы накопления Zr, достаточно убедительно объясняемые в работах Х. Дегенхарда, который отмечал способность минерала циркона, содержащегося как в остаточном магматическом расплаве, так и в осадочных алюмосиликатных породах одинаково успешно растворяться как в кислой, так и в основной среде. «Наиболее высокая растворимость силиката циркония в карбонатсодержащих флюидных растворах параллелизуется с другим явлением, а именно с растворимостью большинства солей циркония в насыщенных щелочно-карбонатных растворах вследствие комплексообразования» [33]. Кроме этого, в растворах обогащенных бикарбонатами натрия и кальция в присутствии CO_2 цирконий может мигрировать в виде стабильного иона бикарбонатциркония $[\text{ZrO}(\text{CO}_3)_2]^{-2}$.

По убеждению Х. Дегенхарда «помимо способности к комплексообразова-

нию с щелочными карбонатами (аналогично торию), химизм поведения циркония в водных растворах определяется также склонностью к гидролизу. Четырехвалентный цирконий обладает настолько слабыми основными свойствами, что его соединения в еще весьма кислых растворах при $\text{pH} = 3$ гидролитически разлагаются с образованием гидрата ZrO_2 ».

При гидролизе выпадающий из флюидизированного расплава гидрат ZrO_2 легко образует коллоидные растворы, в которых при изменении термодинамических условий происходит повторное осаждение циркона (ZrSiO_4) и концентрация циркония в верхних дифференциатах интрузивов и их контактовых ореолов.

Следовательно, образование полей концентрирования Zr в терригенных отложениях тунгусской серии и верхних дифференциатах интрузива является результатом взаимодействия магматического расплава и осадочных пород в условиях долгоживущих флюидо-магматических систем. При этом аномалии Zr, Ti и Ba отмечаются только в верхних контактовых ореолах Талнахского интрузива, локализованного в терригенных породах тунгусской серии, а по мере удаления от него контрастность ореолов Zr, Ti и Ba ослабевает.

Распределение Zr, Ti и Ba в терригенных отложениях тунгусской серии, породах Талнахского интрузива и его контактового ореола метаморфических пород, а также состав геохимических ассоциаций ореолов в ГХП приведены в таблице 4.13.

В основных породах Талнахского интрузива выявлено большое количество ксеногенных цирконов пермского и каменноугольного возраста (290, 300, 330 и 350 млн лет). Подобные цирконы отражают возраст и состав коровых, вмещающих интрузии, пород, из которых они захватываются при внедрении, а также указывают на степень их ассимиляции [1].

Таблица 4.13

Сравнительный состав геохимических ассоциаций Zr в терригенных отложениях тунгусской серии и в верхних прикровельных горизонтах кварц габбро-диоритов Талнахского интрузива

Породы тунгусской серии	Формула геохимической ассоциации
Терригенные отложения тунгусской серии	Zr (Кк 1.1) – Ti (Кк 0.8) – Mn(Кк 0.8) Ba (Кк 1.0) – Zr (Кк 1.0)
Метаморфизованные терригенные отложения тунгусской серии в пределах приразломного флексурного прогиба (внешняя зона контактового ореола Талнахского интрузива)	Zr (Кк 2.5) – Ba (Кк 1.4) – Ti (Кк 1.2) – Sr (Кк 0.8)
Метаморфизованные терригенные отложения тунгусской серии в пределах приразломного флексуорообразного перегиба (внешняя зона контактового ореола Талнахского интрузива в границах его выклинивания)	Ba (Кк 2.5) – Zr (Кк 1.7) – Sr (Кк 0.8) Ba (Кк до 23) – Zr (Кк 7.0) – Mn (Кк 1.2) – Sr (Кк 1.2) Zr (Кк 5) - Pb (Кк 3.4) – Ba (Кк 2) – Ti (Кк 2)
Роговики кварц-полевошпатовые с горизонтами кварцевых габбро-диоритов и лейкогаббро (головная часть интрузива)	Zr (Кк 2.4) – Mo (Кк 2.2) – Ba (Кк 1.6) – Ga (Кк 1.3) – Ti (Кк 1.2) – Zn (Кк 1.0) – Mn (Кк 0.9) – V (Кк 0.9) – Cu (Кк 0.8) – Ni (Кк 0.8) – Sr (Кк 0.6)
Роговики кварц-полевошпатовые с горизонтами кварцевых габбро-диоритов и лейкогаббро (головная часть интрузива)	Zr (Кк 4.8) – Ba (Кк 4.1) – Ti (Кк 3.8) – Zn (Кк 2.7) – Mn (Кк 2.6) – Mo (Кк 2.5) – Ni (Кк 2.2) – Cu (Кк 1.7) – V (Кк 1.4) – Sr (Кк 1.4) – Ga (Кк 1.1)

Примечание: в скобках указаны значения коэффициентов концентрации

Формирование верхней экзоконтактовой зоны рудоносного интрузива сопровождается лейкократизацией его пород и околоинтрузивной полевошпатизацией, что рассматривается как прямой признак наличия интрузивных тел с сульфидным платино-медно-никелевым оруденением (Туровцев Д.М., 1973, с. 35–37; 1982, с. 28; 2002, с. 34-49). Данные образования маркируются поли-

элементными аномалиями $4.8\text{Zr} - 4.1\text{Ba} - 3.8\text{Ti} - 2.7\text{Zn} - 2.2\text{Ni} - 2.2\text{Co}$ или $3.5\text{Zr} - 1.9\text{Ba}$ (рис. 4.33 и 4.34) [86, с. 66-7; 97, 98, с. 40-43].

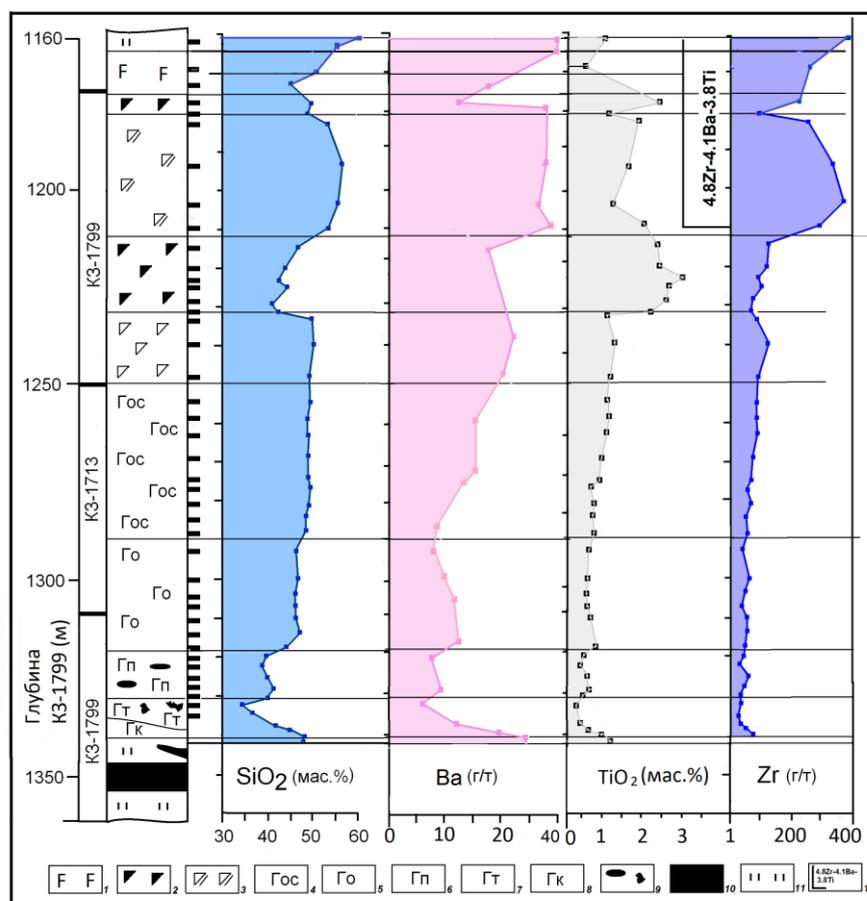


Рис. 4.33. Распределение SiO_2 , Ba, TiO_2 и Zr в породах верхнего горизонта рудоносного интрузива и в кварц-полевошпатовых роговиках его контактового ореола (по данным Налдрета, 2002 с изменениями): 1 - лейкогаббро; 2 - магнетитовое габбро; 3 - породы остаточной серии; 4 - оливинсодержащие габбродолериты; 5 - оливиновые габбродолериты; 6 - пикритовые габбродолериты; 7 - такситовые габбродолериты; 8 - контактовые габбродолериты; 9 - вкрапленные сульфиды; 10 - массивные руды; 11 - роговики; 12 - геохимический ореол

Вывод. Угленосные сульфидосодержащие отложения тунгусской серии ($\text{C}_2 - \text{P}_2$), в которых расположен Талнахский интрузив, специализированы на Zr - Ti. Кварц - полевошпатовые роговики контактового ореола, а также лейкогаббро и кварцсодержащие габбродолериты верхнего экзоконтакта Талнахского интрузива фиксируются аномалиями Zr - Ba - Ti. В данных сечениях месторождений рудные тела сложены минерализацией преимущественно пирротинового типа. Контактные ореолы и породы верхнего эндоконтакта Талнахского рудоносного интрузива, локализованного в терригенных угленосных отложениях тунгусской се-

рии, представлены высококонтрастными аномалиями циркония. По мере удаления от интрузива содержания Zr снижаются до фоновых.

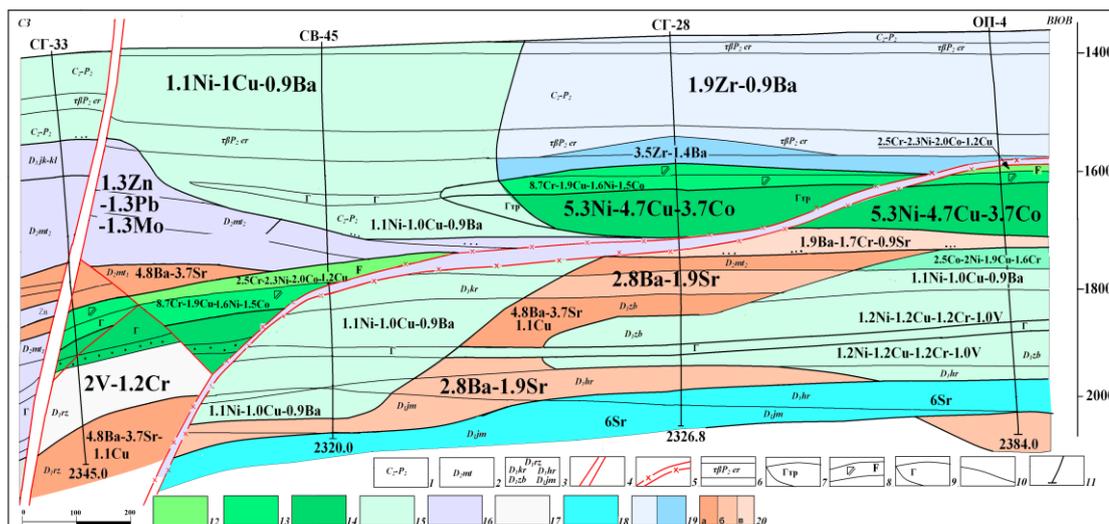


Рис. 4.34. Геолого-геохимический разрез (поперечный) Талнахского месторождения (по материалам ПО «Норильскгеология» с изменениями): 1 – терригенные отложения тунгусской серии; 2 – карбонатные отложения мантуровской свиты; 3 – отложения нижнего девона: D_{1rz} – разведочнинская свита: аргиллиты; D_{1kr} – курейская свита: мергеля; D_{1zb} – зубовская свита: доломиты, ангидриты, мергеля; D_{1hr} – хребтовская свита: доломиты, мергеля доломитовые, ангидриты; D_{1jm} – ямпахтинская свита: доломиты с прослоями ангидритов; 4 – зона Главного шва Норильско-Хараелахского разлома; 5 – прочие разрывные нарушения; 6 – долериты ергалахского комплекса; 7 – 8 – габбродолериты Талнахского интрузива: 7 – троктолитовые, пикритоподобные; 8 – лейкогаббро, габбро диориты; 9 – силлы габбродолеритов недифференцированных; 10 – геологические границы; 11 – геохимические границы; 12 – 13 – в верхних такситовидных габбро с хромитом: 12 – $2.5\text{Cr} - 2.3\text{Ni} - 1.9\text{Cu} - 2.0\text{Co}$, 13 – $8.7\text{Cr} - 1.9\text{Cu} - 1.6\text{Ni} - 1.5\text{Co}$; 14 – аномалии никель – медь – кобальтовые $5.3\text{Ni} - 4.7\text{Cu} - 3.7\text{Co}$ во вкрапленных рудах интрузива; 15 – области фона Ni – Cu – Ba; 16 – аномалии зон разломов: Zn – Pb – Mo; 17 – аномалии в области выклинивания гидрослюдистых аргиллитов разведочнинской свиты V – Cr; 18 – аномалии Sr пород ямпахтинской свиты; 19 – области фона (а) и аномалии (б) Zr в верхних горизонтах лейкогаббро и кварцполевошпатовых роговиках; 20 – аномалии в области выклинивания отложений среднего и нижнего девона: а – $4.8\text{Ba} - 3.7\text{Sr} - 1.1\text{Cu}$ б – $2.8\text{Ba} - 1.9\text{Sr}$, в – $1.9\text{Ba} - 1.7\text{Cr} - 0.9\text{Sr}$

4.3.2. Геохимическая специализация пород девона и контактового ореола Хараелахского интрузива

По данным «ГЕОСКАН» сульфатно-карбонатные отложения девона положительно специализированы на Sr и отрицательно на Zr (табл. 2.3) (Мирошникова Л.К., 2000, с. 69–83; 2009, с. 40-44; 2009, с. 81-91] (Приложение 12, рис. 3; Приложения 14-15, рис. 5-6). В строении ореола стронциевой специализации наблюдается внутренняя зональность, которая определяется неравномерным распределением Sr в породах разреза осадочных толщ (K_k от 0.8 до 35.0). Высококонтрастные аномалии Sr отмечаются в осадочной толще пород девона -

верхнего силура и на контакте с рудоносными интрузиями норильского комплекса. Для объяснения природы аномалий были рассмотрены условия формирования полей рассеяния и концентрирования Sr в осадочных отложениях различных формаций, вскрытых при проведении геологоразведочных работ в пределах Норильского региона.

В вулканогенно-осадочном платформенном чехле Норильского региона выделяется два структурных этажа, образовавшихся в два этапа: собственно платформенного и тектономагматической активизации. Первый представлен двумя разделами: нижнепалеозойским подъярусом и среднепалеозойским структурно-формационным ярусом платформенного чехла. Распределение стронция по разрезу осадочной толщи рассматривался в интервале геологического времени от среднего кембрия до нижнего карбона (рис. 4.35 и 4.36).

Нижнепалеозойский подъярус структурно-формационного яруса объединяет отложения верхнего кембрия – верхнего силура (рис. 4.37). Отложения верхнего кембрия представлены известняками, мергелями, глинистыми породами, образование которых происходило в условиях зоны островных и подводных поднятий. Содержание стронция в породах данного временного интервала составляет до 40×10^{-3} вес. %. Ордовик ознаменован частой сменой условий накопления осадков. В раннем ордовике накопление осадков происходило в условиях мелкого моря. Содержание стронция от 20×10^{-3} вес. % до 62×10^{-3} вес. %, редко до 90×10^{-3} вес. %.

После временной регрессии в среднем ордовике (Sr до 14×10^{-3} вес. %) наступила обширная трансгрессия и в позднем ордовике осадки накапливались как в море с нормальной соленостью, так и в осолоненных лагунных условиях, которые сохранялись до конца раннего силура (Немков Г.И., 1974, с. 149 – 151). В породах позднего ордовика и нижнего силура содержание стронция от 21 до 35×10^{-3} вес. %.

Условия формирования осадочной толщи силура приводится по материалам монографии Ю.И. Тесакова, О.Н. Симонова и др. «Силур севера-запада Сибирской платформы» [125, с. 172 – 192].

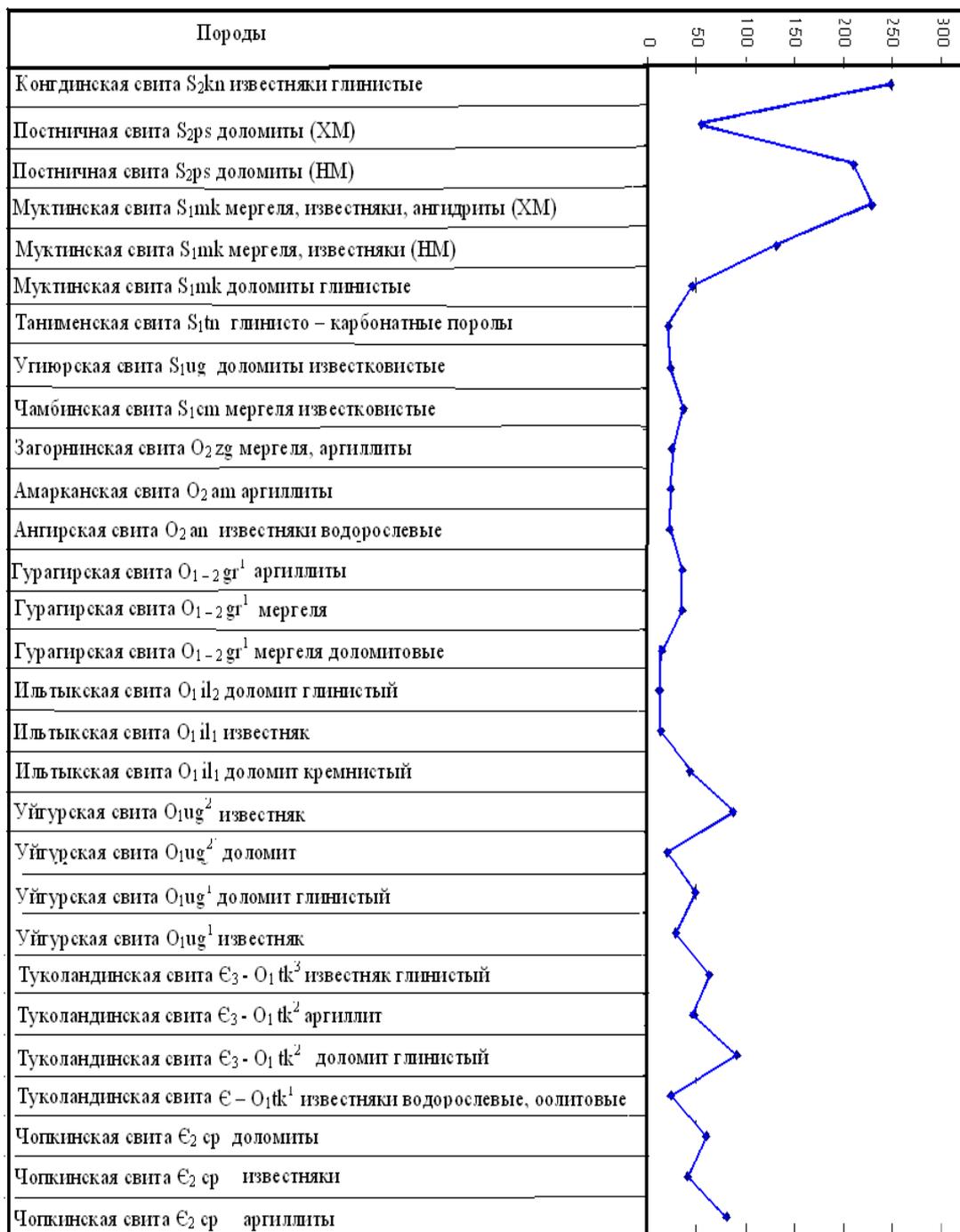


Рис. 4.35. Распределение стронция в породах кембрия – верхнего силура (содержания Sr в $n \cdot 10^{-3}$ вес.%)

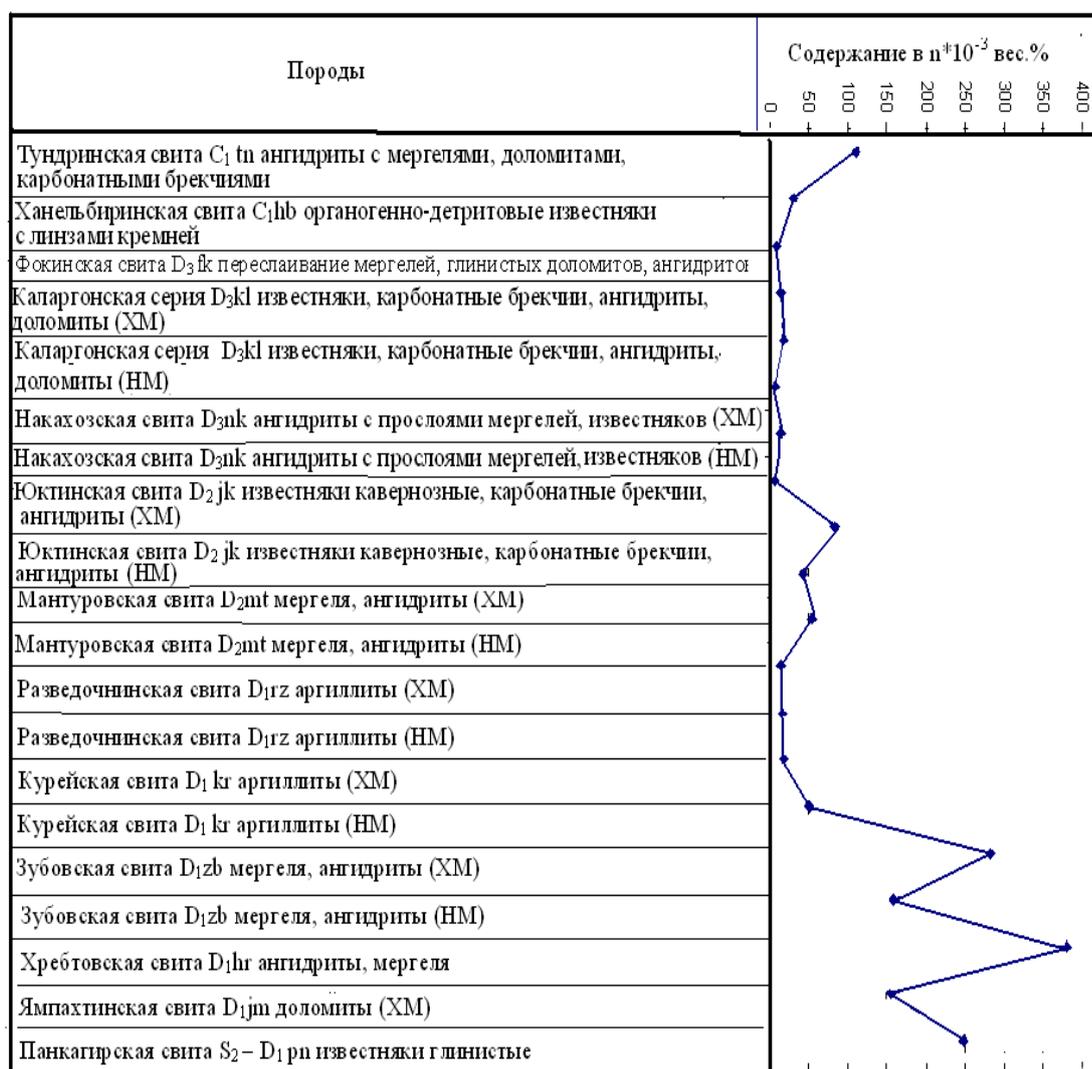


Рис. 4.36. Распределение стронция в породах нижнего девона – верхнего карбона (содержания Sr в $n \cdot 10^{-3}$ вес.%)

В силурийский период существовал единый эпиконтинентальный седиментационный бассейн с непрерывным циклом осадконакопления. На площади Норильского района распространены фации как глубокого шельфа, представленные аргиллитами, так и мелкого (мергели с граптолитами и известняками и брахиоподами). В позднем силуре отмечается резкая регрессия моря, в результате чего морские условия сменяются лагунными, в которых идет накопление доломитовых илов. Содержание стронция в данных условиях (отложения макусская свита $S_2 mk$ - постническая свита $S_2 ps$ - конгдинская свита $S_2 kn$ - панкагирская свита $S_2 - D_1 pn$) достигает значений от 55 до 248×10^{-3} вес. %.

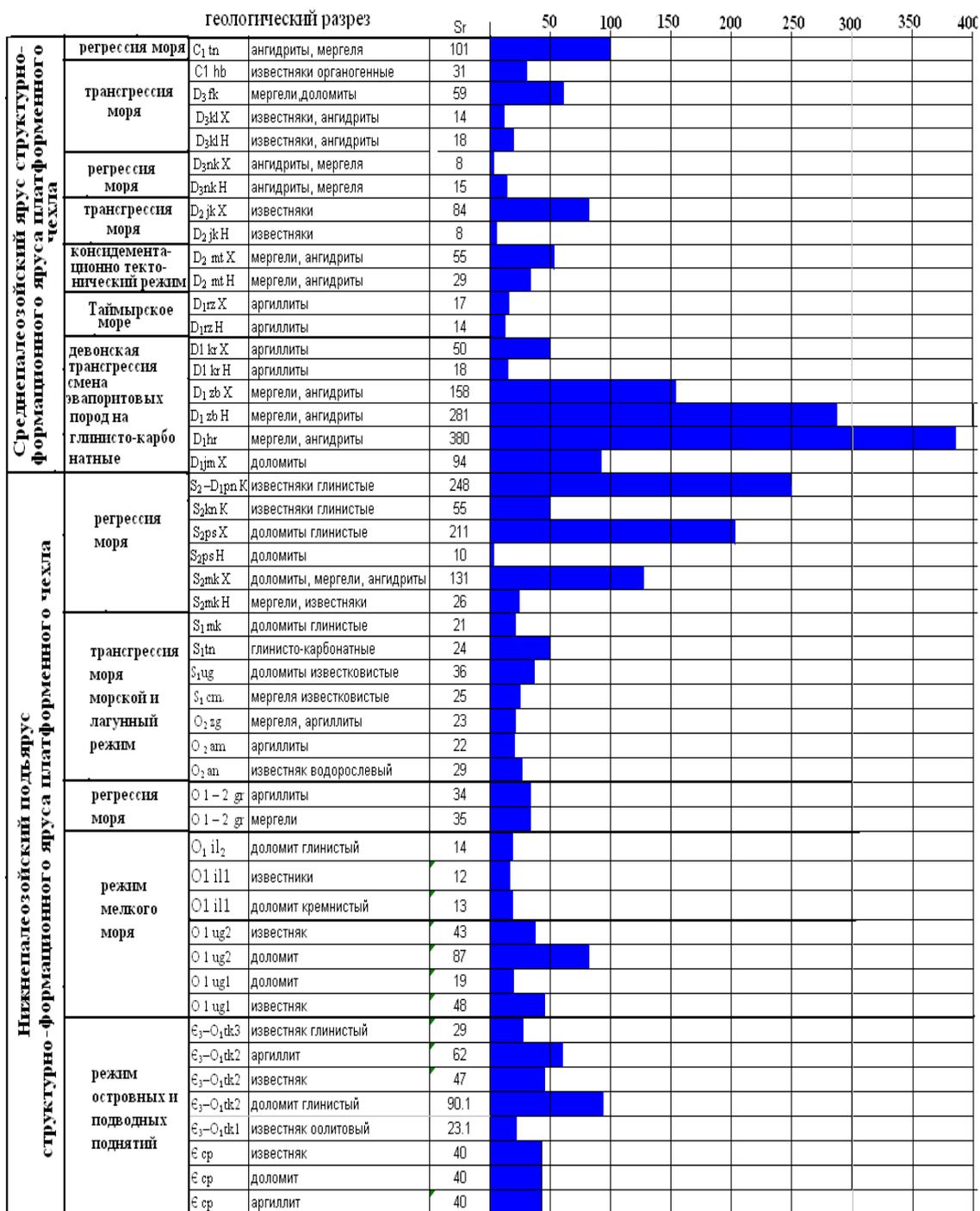


Рис. 4.37. Вариации стронция в осадочных породах различных фаций Норильского района (содержания Sr в $\text{п} \cdot 10^{-3}$ вес.%)

Среднепалеозойский подъярус структурно-формационного яруса выделен в объеме нижнего девона – нижнего карбона (см. рис. 4.36 и 4.37). На этот пе-

риод приходится широкое развитие девонской трансгрессии, первые признаки которой улавливаются по появлению в составе преимущественно сульфатно-мергельной зубовской свиты линзовидных прослоев доломитов. Трансгрессивная тенденция осадконакопления в раннедевонском бассейне отразилась в смене эвапорито-терригенных отложений зубовской свиты (содержание Sr от 94 до 380×10^{-3} вес. %) глинисто-карбонатными курейского горизонта (Sr от 18 до 50×10^{-3} вес.).

Осадконакопление в разведочнинское время происходило в нормально-морских условиях в спокойной гидродинамической обстановке, о чем свидетельствуют тонкогоризонтальнослоистые текстуры пород, главным образом аргиллитов (содержание Sr от 14 до 17×10^{-3} вес. %). Накопление осадков начала мантуровского времени контролировалось в основном не режимом Таймырского моря, а консолидационной тектонической деятельностью, где на выводимых из под уровня моря площадях отмечаются различные по амплитуде размывы подстилающих толщ. Вторая половина мантуровского времени характерна накоплением сульфатно-карбонатных толщ (содержание Sr от 29 до 55×10^{-3} вес. %). Максимуму среднедевонской трансгрессии соответствует морская карбонатная толща юктинского горизонта – важнейшего репера севера-запада Сибирской платформы. В пределах Норильской и Хараелахской мульды породы свиты представлены известняками кавернозными и карбонатными брекчиями (содержание Sr - 8×10^{-3} вес. %).

Регрессивной стадии развития бассейна в накохозское время отвечают неморские пестроцветные отложения, завершающие, таким образом, полный цикл среднедевонского накопления (содержание Sr от 8 до 15×10^{-3} вес. %).

Формирование осадков каларгонского горизонта происходило в условиях широкой франской трансгрессии (содержание Sr от 8 до 18×10^{-3} вес. %). Литологический облик пород свидетельствует о ритмичном ее развитии, обусловившем периодическую смену морских условий седиментации обстановками повышенного засоления с широким развитием на отдельных этапах хемоген-

ного карбоната – и сульфатонакопления. Вся остальная история девонского осадконакопления характеризуется явно выраженными регрессивными тенденциями, в это время накапливалась сульфатно-мергельная толща фокинской свиты *D₃fk* (содержание Sr до 59×10^{-3} вес. %).

Очередная мощная трансгрессия знаменует турнейский век (ханельбинская свита), где в мелководной фациальной зоне с нормальным морским гидрохимическим режимом происходило накопление монотонных карбонатных толщ (содержание Sr от 8 до 31×10^{-3} вес. %).

Заключительная стадия среднепалеозойского подъяруса отвечает регрессии визейского времени (серебрянинская и тундринская свиты), в результате которой происходило накопление сульфатно-мергельных толщ в мелководных зонах с нормально морскими и засоленными водами (содержание Sr до 101×10^{-3} вес. %).

В целом, включая весь цикл образования осадочной толщи платформенного чехла, можно выделить три этапа накопления стронция (см. рис. 4.37). Первый прослеживается в период кембрий – нижний ордовик (угиюрская свита) в осадках, накапливающихся в условиях режима островных и подводных поднятий и мелкого моря. Второй (наиболее интенсивный) отмечается в интервале верхнего силура (постичная свита) - нижнего девона (зубовская свита). Третий - заключительный относится к нижнему карбону. Экстремально высокие содержания стронция отмечаются в породах хребтовской и ямпахтинской свит нижнего девона и постичной свиты верхнего силура, в которых наблюдается целестиновая минерализация (Малич Н.С., Туганова Е.В., 1980). Целестин присутствует в виде кристаллических включений и небольших линзочек и небольших линзочек в ангидритах и долмитах постичной и ямпахтинской свит, составляя до 35% объема породы (мощность интервалов до 30см), либо в виде жеод и желваков (0.2 м x 0.2 м) в ангидритах и мергелях хребтовской свиты. Целестин определяется и в прозрачных шлифах ($2N - 50 - 52^\circ$) и методом порошкографии.

Отложения девона, в которых локализован Хараелахский интрузив, представлены чередующимися породами существенно карбонатными доломитовыми и известняковыми, мергелевыми доломитовыми с пластами осадочного ангидрита, галита и высокоглиноземистыми аргиллитовыми (см. рис. 4.32) Основные литологические разновидности пород девонской системы представлены доломитами, мергелями и аргиллитами, которые характеризуются существенно магнезиальным составом доломитовых и известково-доломитовых разновидностей пород (см. табл. 4.11, 4.12). Чистые известняки встречаются в разрезе средней пачки каларгонской свиты и в составе юктинской свиты. В осадочных галогенно-глинисто-карбонатных породах и развитых по ним роговиках и мраморах широко варьирует количество ангидрита. При пересчете на молекулярные количества соответствующих окислов часть CaO, связанная в ангидрите осадочных пород, исключалась из общего количества CaO в ангидритах. Составы осадочных пород девона (см. табл. 4.11) образуют семь обособленных полей на диаграмме: 1, 2 и 3 – доломитов чистых с примесью кремнезема и кремнистых; 4, 5 и 6 – глинисто-доломитовых и доломитовых мергелей; 7 – аргиллитов, алевролитов и аргиллитов (рис. 4.38).

Как упоминалось выше, по результатам обработки аналитических данных методом «ГЕОСКАН» было установлено, что сульфатно-карбонатные отложения мантуровской свиты (D_2mt), вмещающие рудоносный Хараелахский интрузив, специализированы на Sr (см. табл. 2.1). Породы надинтрузивного контактового ореола фиксируются аномалиями стронция (K_{Sr} до 35). Контактный ореол Хараелахского интрузива представляет собой зональный полифациальный существенно пироксеновый контактово-метаморфический ореол с широким развитием метасоматитов. В верхнем экзоконтакте его мощность достигает 150-250 м и 100-150 м в нижнем. Контактново-метаморфический комплекс сложен контактными роговиками, магнезиальными и известковистыми скарнами и послескарновыми метасоматитами (рис. 4.39).

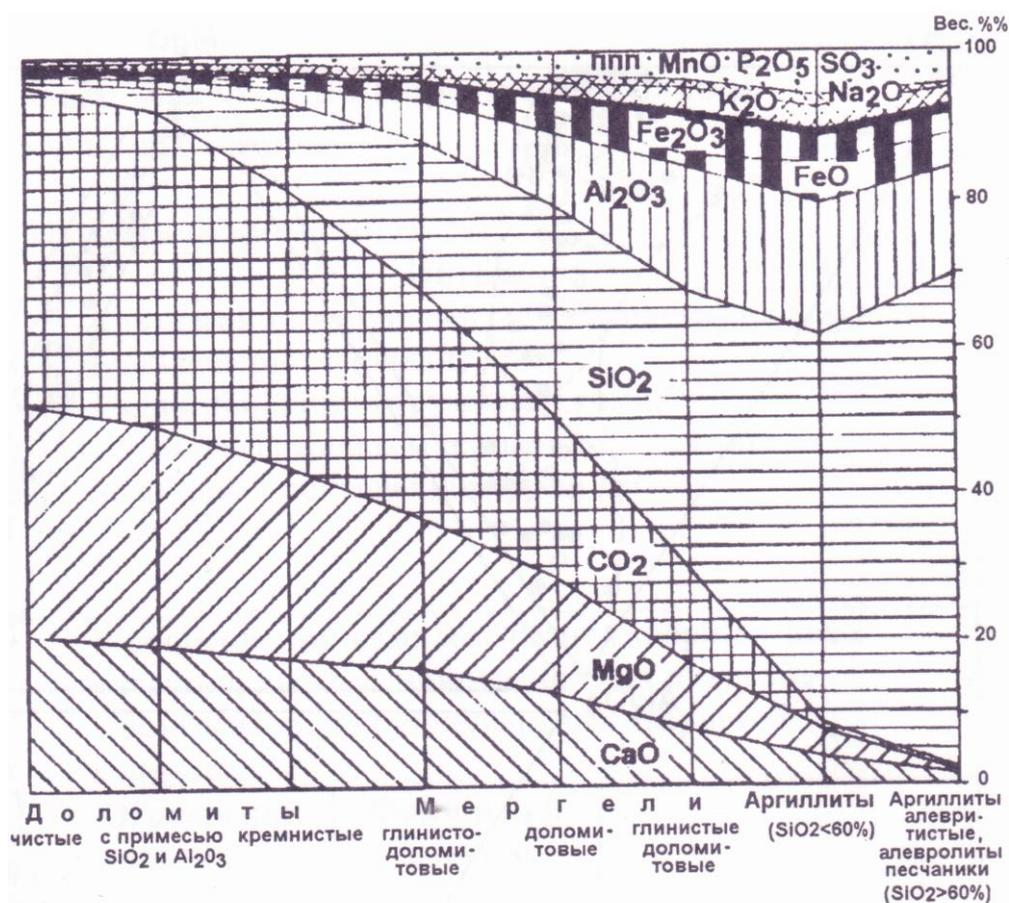


Рис. 4.38. Химический состав осадочных пород девонской системы (Туровцев Д.М., 2002г.)

Скарны выделяются на контактах между габбродолеритами и роговиками. Обобщенный схематический разрез контактового ореола: 1) роговик (Срх, Phl, Fo, Gr, Shp, Ca, Ang) → шпинель-фасаитовый скарн → форстеритовый скарн → монтичеллитовый скарн → флогопитовый скарн → кальцит-ангидритовый метасоматит; 2) мрамор (Per, Fo, Ca, Ang) → форстеритовый кальцифир → форстеритовый скарн → кальцит-ангидритовый метасоматит.

Формация гидротермалитов (гидротермальных прожилков) завершает процессы послемагматической стадии. На этом этапе кристаллизация минеральных фаз происходит из гидротермальных растворов в условиях низких температур при последовательном ее снижении и изменении кислотно-основных свойств, определяющих смену минеральных ассоциаций.

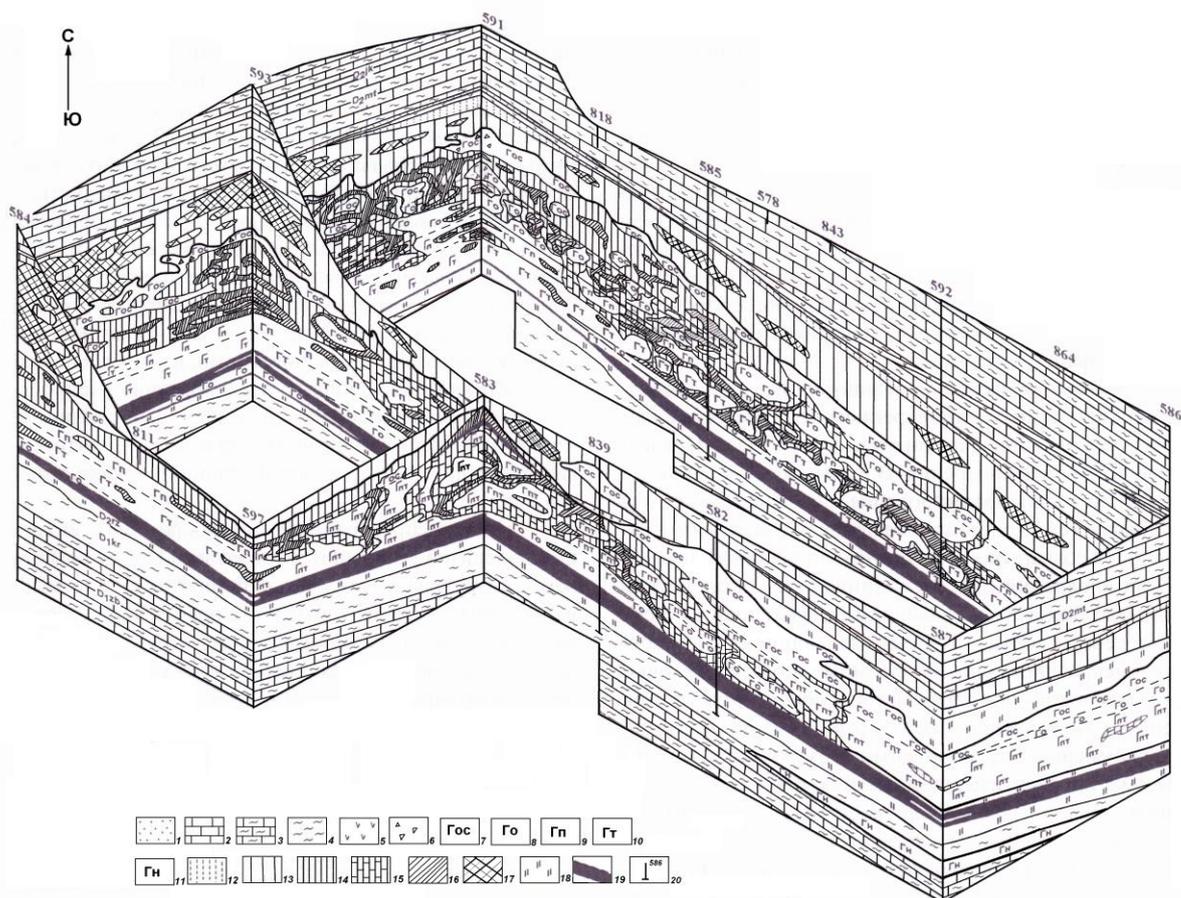


Рис. 4.39. Морфология контактово-метаморфического ореола во фронтальной части Хараелахского интрузива (по В.В. Юдиной, 1968 с изменениями Д.М. Туровцева, 2002): 1-4 – вмещающие породы: 1 – песчаники; 2 – известняки; 3 – мергели; 4 – долериты; 5 – магматические брекчии; 7-10 – габбродолериты Хараелахского дифференцированного интрузива: 7 – оливинсодержащие; 8 – оливиновые; 9 – пикритовые; 10 – такситовые; 11 – габбродолериты недифференцированных интрузивов; 12-18 – контактово-метаморфические образования: 12 – роговики и мраморы верхней части ореола; 13 – существенно клинопироксеновые апомергелевые роговики; 14 – апомергелевые фассаитовые скарны и скарноиды; 15 – аподолеритовые фассаитовые скарны и скарноиды; 16 – аподолеритовые форстеритовые скарны и скарноиды; 17 – ангидритофиры; 18 – апоаргиллитовые щелочные метасоматиты; 19 – Хараелахская основная залежь сульфидных руд; 20 – разведочные скважины. Индексы свит: D_{2jk} – юктинская; D_{2mt} – мантуровская; D_{2rz} – разведочнинская; D_{1kr} – курейская; D_{1zb} – зубовская

Высококальциевые минералы гидротермалитов преимущественно распространены в высококальциевых вмещающих толщах роговиков, метасоматитов и интрузивных породах. Ангидрит, гипс и целестин распространены преимущественно среди метаморфизованных ангидритосодержащих вмещающих толщ и значительно реже встречаются среди всех остальных пород, не содержащих осадочный ангидрит в нормальном залегании. К этой формации отнесены выполнения гнезд, прожилков и трещинных зон в породах интрузии и околоинтрузивных ореолах. Высококальциевые гидротермалиты образуют широкие штокверковые зоны и мощные жилы, которые сложены пектолитом таума-

ситом, пренитом, кальцитом, ангидритом (Туровцев Д.М., 2002, с. 57 - 68). Распределение средних содержаний кальция и стронция в породах представлено в таблице 3.12. Максимально высокие концентрации стронция наблюдаются в породах контактового ореола, где преобладают высококальциевые минералы.

Таблица 4.14

Среднее содержание стронция в неизмененных и метаморфизованных породах девона

Характеристика пород	Компоненты		
	CaO, мас. %	Sr, вес. % $n \cdot 10^{-3}$ породы не измененные	Sr вес. % $n \cdot 10^{-3}$ породы контактового ореола
1	2	3	4
Терригенные алюмосиликатные породы тунгусской серии	0.69-3.02	3	4-5
Накахозская свита (D_3nk): мергели алевритистые с прослоями доломитов	26.13	10	20-30
Юктинская свита (D_3ik): доломиты и доломитизированные известняки окремненные слабо битуминозные	31.56 - 43,2	3.6	39-71
Мергели, аргиллиты и брекчии карбонатные юктинской и мантуровской свиты ($D_3jk-D_2mt_2$)		5	45-65
Переслаивание ангидритов и доломитов юктинской и мантуровской свит (мощность ангидритов от 0.05 до 0.2 м) ($D_3jk-D_2mt_2$)		80	до 280
Ангидриты мантуровской свиты (мощность от 0 до 3.0 м)		76	
Мантуровская свита (D_2mt_1): известняки и доломиты, мергели алевритистые с прослоями известковистых аргиллитов и линзами ангидритов.		33	
Роговик апомергелевый, скарнированный	30.8	-	71
Роговик клинопироксеновый с доломитом	31.84	-	200
ангидритофир	28.45	-	300-400
Гидротермалиты с целестиновой минерализацией	-	-	800-1250
Кальцифир форстеритовый	16,2	-	43-50
Монтчеллит и мрамора	34.54	-	350-580
мервинит	56.46	-	
Спурит из мраморов	49,58	-	
Ангидрит-ксонолитовый прожилок из измененного габбродолерита	45.09	50	50
Рудный кальцит-мелилитовый скарн	39.49	140	140
Везувиановый скарн	36.5	300	300
Аргиллиты пелитоморфные, нижнего девона разведочнинской свиты	2.45	19	8
Аргиллиты алевритистые, алевролиты, песчаники, нижнего девона разведочнинской и курейской свиты	0.66	8	3-4
Кордиеритовый апоаргиллитовый роговик разведочнинской свиты	0.08	-	-

На рис. 3.40 рассмотрено распределение стронция по разрезу осадочных пород, на площадях Талнахского и Октябрьского месторождений.

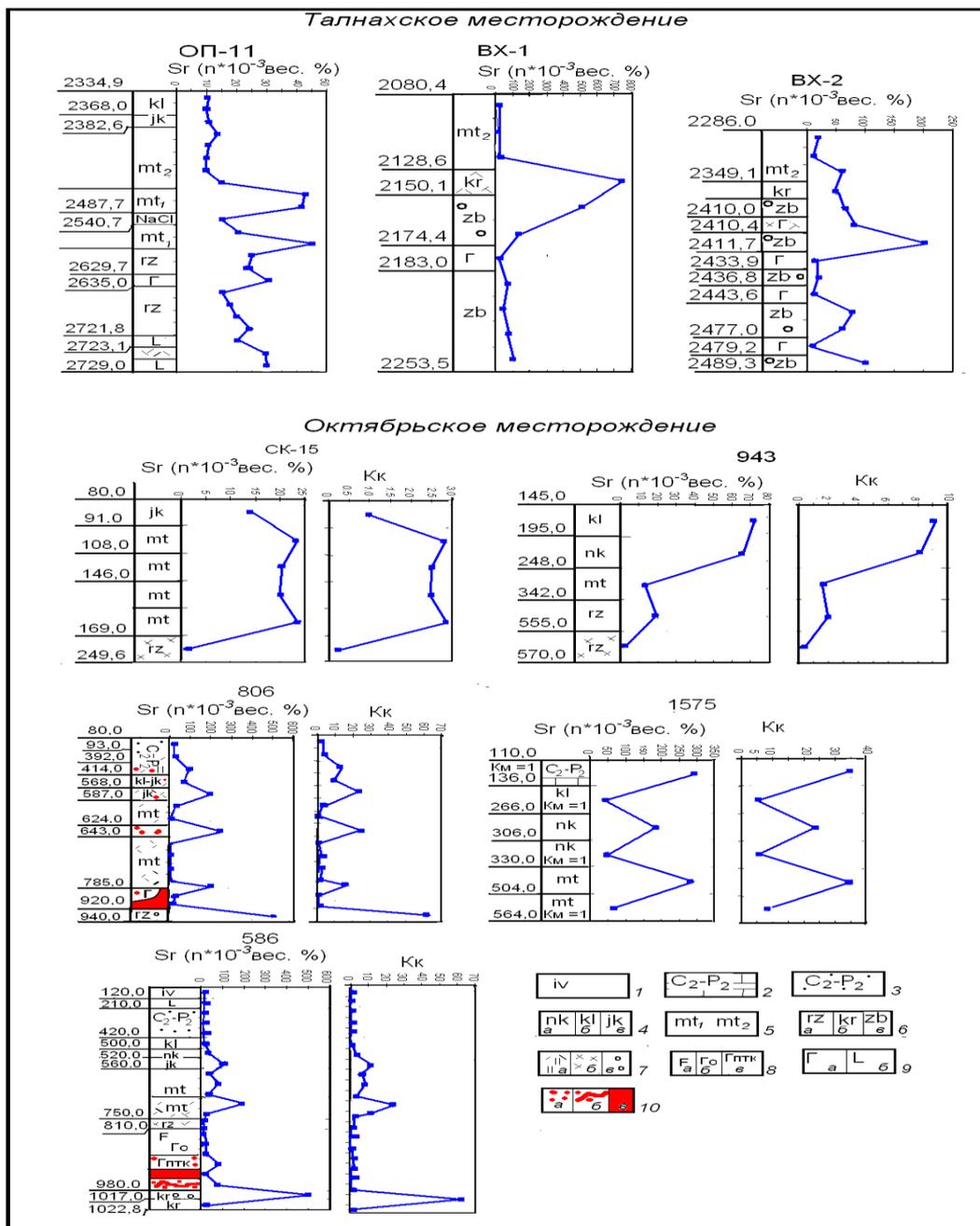


Рис. 4.40. Вариации стронция в породах осадочной толщи Талнахского и Октябрьского месторождений: 1 – базальты ивакинской (iv) свиты; 2 – карбонатные отложения тунгусской серии (C₂-P₂); 3 – терригенные сульфидосодержащие породы (песчаники, алевролиты, аргиллиты) тунгусской серии (C₂-P₂); 4 – отложения верхнего девона: а – накахозская свита (nk), б – каларгонская свита (kl), в – юктинская свита (jk); 5 – отложения мантуровской свиты: mt₂ - карбонатный тип разреза, mt₁ – сульфатно-карбонатный тип разреза; б – отложения нижнего девона: а – б – терригенные отложения (аргиллиты) разведочнинской свиты (rz) (а), и курейской (kr) (б) свит; в – ангидриты, мергеля зубовской (zb) свиты; 7 – породы контактовых ореолов интрузивов: - а – кварц-полевошпатовые, б - известковистые скарны; в – кордиеритовые роговики; 8 – габбродолериты Хараелахского интрузива: а – лейкократовые, б – оливинные, в – пикритовые, такситовые, контактовые; 9 - интрузивные породы: а – силлы габбродолеритов; б – долериты; 10 – руды: а – вкрапленные, б – прожилково-вкрапленные, в – сплошные

В восточном борту Норильско-Хараелахского разлома, где расположено Талнахское месторождение, наблюдается постепенное выклинивание отложений среднего девона, рудоносный интрузив в них отсутствует. Повышенные концентрации стронция связаны с породами зубовской свиты, для которых характерно наличие целестиновой минерализация, что является особенностью данных отложений в пределах всего Норильского региона.

В пределах Октябрьского месторождения рудоносный интрузив расположен в отложениях среднего - нижнего девона (см. рис. 4.30, 4.32 и рис. 4.41). В породах контактового ореола повсеместно наблюдаются аномалии стронция (рис.4.42) (Мирошникова Л.К., 2010, с. 46–52; 2013. с. 278-280).

Зональность геохимического ореола контактового ореола рассматривалась по восстанию рудоносного интрузива в направлении его выклинивания (рис. 4.42). В надинтрузивном контактовом ореоле интрузива в карбонатных и сульфатно-карбонатных породах верхнего и среднего девона выделен геохимический ореол стронция. В контактово измененных аргиллитах нижнего девона Sr не концентрируется и входит в состав зоны «выноса» геохимических ассоциаций.

В надинтрузивном ореоле стронция выделяется вертикальная зональность (см. рис. 4. 42). Так, в верхней части ореола в кавернозных известняках и доломитах каларгонской свиты выделены области с фоновыми содержаниями стронция (до $3.6 - 5 \cdot 10^{-3}$ вес.%, Kk до 1.7), которые с глубиной сменяются зонами рассеянной минерализации (Kk до 3) и аномалиями (Kk более 3) (см. рис. 4.42). Все выделенные области фона стронция маркируют породы, в которых отсутствует сульфидная минерализация.

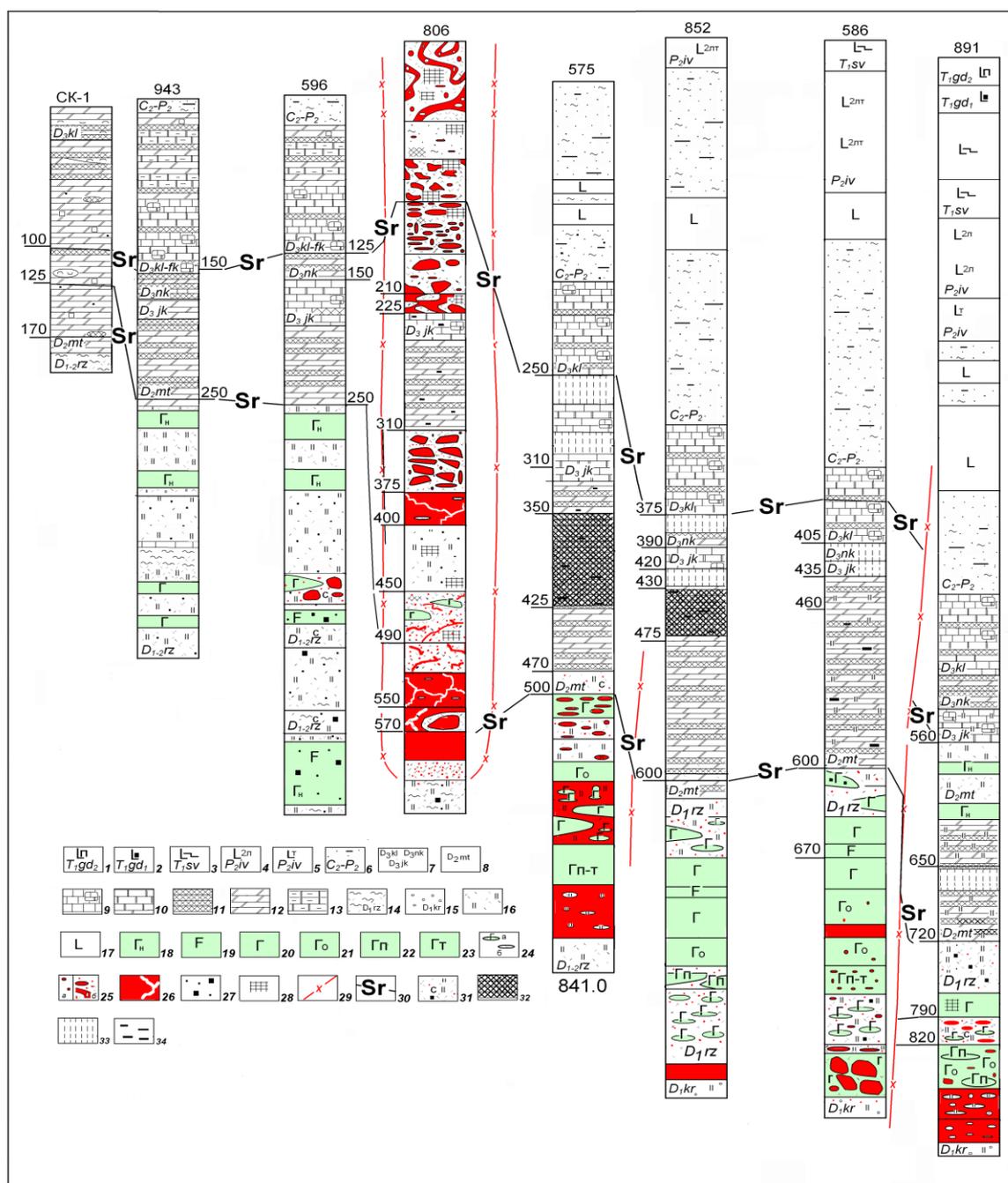


Рис. 4.41. Строение контактово-метасоматического ореола Хараелахского интрузива на контакте с вмещающими породами мантуровской и разведочнинской свит: 1-3 – базальты нижнетриасового возраста:

1 – гудчихинской свиты T_1gd_1 ; 2 – порфиоровые; 3 – толеитовые сыверминской свиты T_1sv ; 4-5 – базальты верхнепермского возраста: 4 – лабрадоровые; 5 – титанавгитовые; 6 – алюмосиликатные терригенные обложения тунгусской серии; 7-8 – индексы свит: D_3kl – каларгонской, D_3nk – нахохозской, D_3jk – юктинской, D_2mt – мантуровской; 9 – известняки с известковистыми брекчиями; 10 – доломиты; 11 – ангидриты; 12 – мергели; 13 – известняки глинистые; 14 – алюмосиликатные терригенные образования (аргиллиты) разведочнинской свиты; 15 – апомергелевые роговики курейской свиты; 16 – роговики пироксеновые; 17 – долерит; 18-23 – габбродолериты рудоносной интрузии: 18 – недифференцированные; 19 – лейкогаббро; 20 – безоливиновые, оливинсодержащие; 21 – оливиновые; 22 – пикритовые; 23 – такситовые; 24 – ксенолиты габбродолеритов; 25 – сильная и интенсивная трещиноватость; 26 – 27 – типы руд: а – вкрапленные; б – прожилково-вкрапленные; 27 – сплошные, массивные; 28 – пиритовая минерализация с магнетитом; 29 – тектонические нарушения; 30 – границы ореола стронция; 31 – скарны; 32 – ангидритофиры; 33 – мраморизованные породы; 34 – целестиновая минерализация

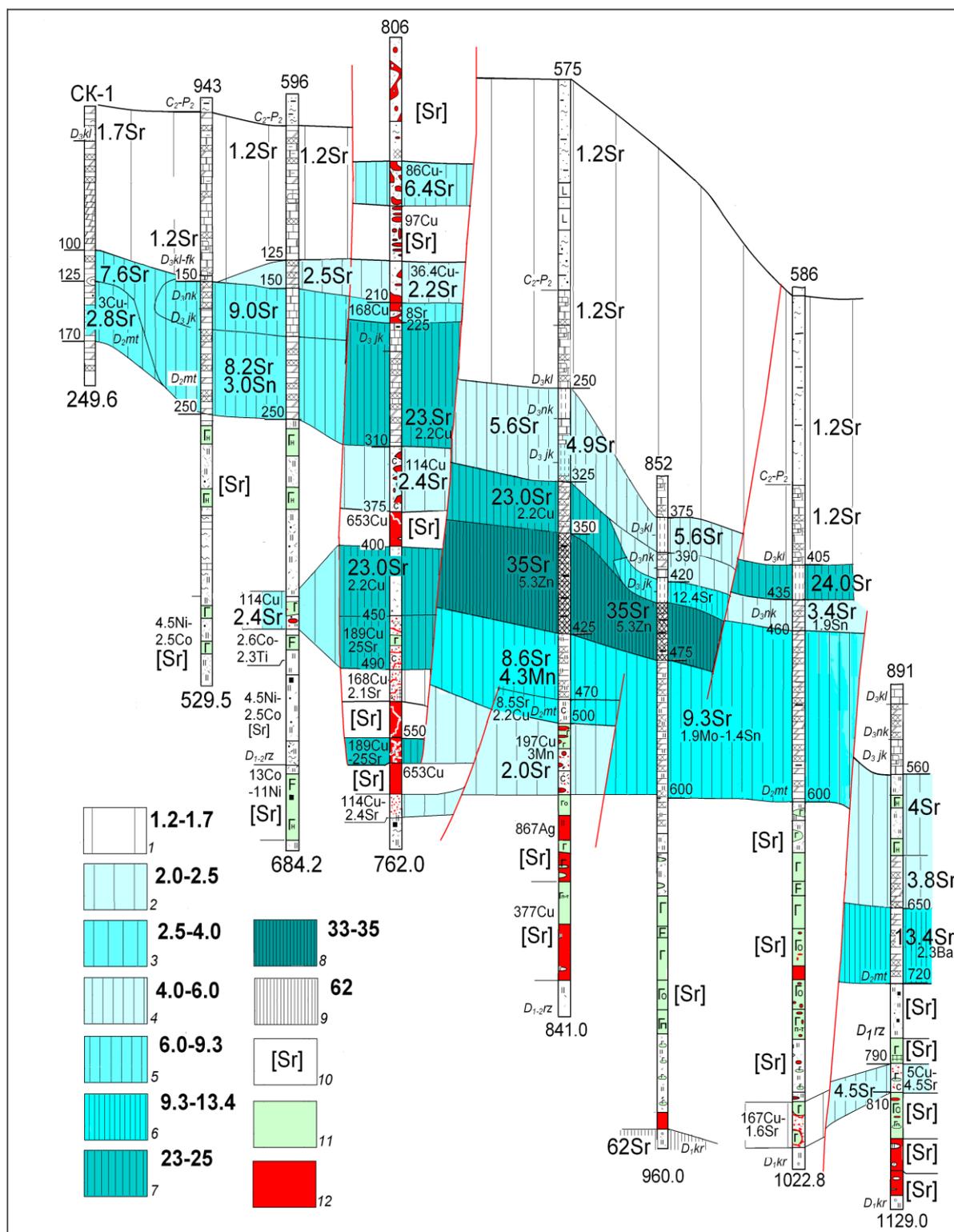


Рис. 4.42. Вертикальная геохимическая зональность контактивно- метаморфического ореола Хараелакского интрузива: 1 - 9 - значения коэффициентов концентрации Sr (цифрами указаны числовые значения коэффициента концентрации элемента); 10 – зона «выноса» стронция; 11 – породы интрузива; 12 – сплошные руды

Значение функции SCAN выделенных областей имеет вид ((цифрами перед знаком химического элемента указано значение коэффициента concentra-

ции (*Kk*); в квадратных скобках указано порядковое место элемента в структуре ранжированного ряда геохимической ассоциации)) (см. табл. 2.3):

аномалия **2.5Sr**[1] 1.0Mn [2], 1.0Sn[3], 0.86Zr [4]; зона «выноса» 0.5Mo[5], 0.44Pb[6], 0.38V[7], 0.36Ti[8], 0.34Ni[9], 0.18Ba[10], 0.14Co[11], 0.14Cr[12], 0.05 Cu[13] (см. рис. 4. 42).

аномалия **2.5Sr**[1] 1.0Mn [2], 1.0Sn[3], 0.86Zr [4]; зона «выноса» 0.5Mo[5], 0.44Pb[6], 0.38V[7], 0.36Ti[8], 0.34Ni[9], 0.18Ba[10], 0.14Co[11], 0.14Cr[12], 0.05 Cu[13] (см. рис. 3. 42). Выделена в зоне выклинивания фокинской свиты (мощность до 25-30 м).

аномалия **3.047Sr** [1], 2.33Mo [2], 1.57V [3], 1.35Zr [4], 0.924Cr [5], 0.854 Ti [6], 0.81Mn [7], 0.729Pb [8], 0.627Ni [9], для химических элементов Zn, Cu, Ba, Co, Ag *Kk* менее 0.3. В роговиках отмечена редкая вкрапленность пирита (скв. 586).

Далее вниз по разрезу аномалии стронция выделены в отложениях, сложенных переслаиванием мергелей, аргиллитов и брекчиями карбонатными юктинской и мантуровской свиты (*D_{3jk}-D_{2mt}*), фоновое содержание стронция в подобных породах не превышает $5 \cdot 10^{-3}$ вес.%

Аномалия **4.9Sr**[1]; зона «выноса»: 0.475Mn[2], 0.45Zr[3], 0.3Pb[4], 0.29Cr[5], для остальных химических элементов *Kk* менее 0.2. Содержание Sr в среднем $15 \cdot 10^{-3}$ вес.%. Коэффициент минерализации Sr = 100. (скв. 891, 560-620 м).

Аномалия **3.8Sr**[2], 4.5Mo[1], 1.7Sn[3], 1.3Pb[4], 0.88Zr[5], 0.75Ag[6], 0.56V[7], для остальных химических элементов *Kk* менее 0.5. Содержание Sr в среднем $20 \cdot 10^{-3}$ вес.%(скв. 891, инт. 620-650 м).

Аномалия **4.5Sr**[2], 4.8Mo[1], 1.7Ag[3], 1.1Zr[4], 0.5Pb[6], для остальных химических элементов *Kk* менее 0.5. Содержание Sr от до $30 \cdot 10^{-3}$ вес.%(скв. 891, инт 790-810 м).

Аномалия **5.62Sr** [1], 1.4 Ba, 0.9Zr [3]; зона «выноса»: 0.5Sn [4], 0.25Mo [5], 0.257V [5], 0.2Mn [6], 0.163Ti [7], 0.166Pb [8], 0.16Ni [9], 0.125Cr [10], 0.09Cr [11],

0.07Cu [12]. Содержание Sr в среднем $30 \cdot 10^{-3}$ вес.% (скв. 575, инт 250-375 м; скв. 852, инт. 375-390 м)..

В горизонтах ангидритофиоров с гнездами и пластиночками целестина, прожилками кальцита выделены аномалии **35Sr**[1], 5.3Zn[2], 1.4Cu[3], 1.2Mn[4]. Ni, Co, Ba, Cr, Ti, V, Zr, Mo, Sn, у которых K_k менее 0.45 слагают зону «выноса» ранжированного ряда аномалии. Мощность аномалии от 30 до 50 м. Содержание Sr от 3 до $1250 \cdot 10^{-3}$ вес.%. Коэффициент минерализации стронция ($K_{M_{Sr}}$) равен 100.

Роговики и мрамора верхней части контактового ореола, в которых отмечаются гнезда и пластиночки целестина, маркируются аномалиями:

24Sr[1], 1.5Mo[2], 0.85Ba[3], 0.71Zr[4], 0.58Sn[5] с зоной «выноса» Cr, Ti, V, Zn и Pb, у которых K_k менее 0.3. Содержание Sr ($n \cdot 10^{-3}$ вес.%) от 5 до 600, в среднем 195;

12.4Sr[1], 0.58Zr[2], 0.4Mo[3], 0.31Sn [4], Зона «выноса» в структуре аномалии представлена Cr, Ti, V, Zn, Pb, у которых K_k менее 0.3. Содержание Sr от 3 до 200, в среднем $100 \cdot 10^{-3}$ вес.%. В аномалиях $K_{M_{Sr}} = 100$. Корреляционная связь между аномалиями показана на рис. 4.43.

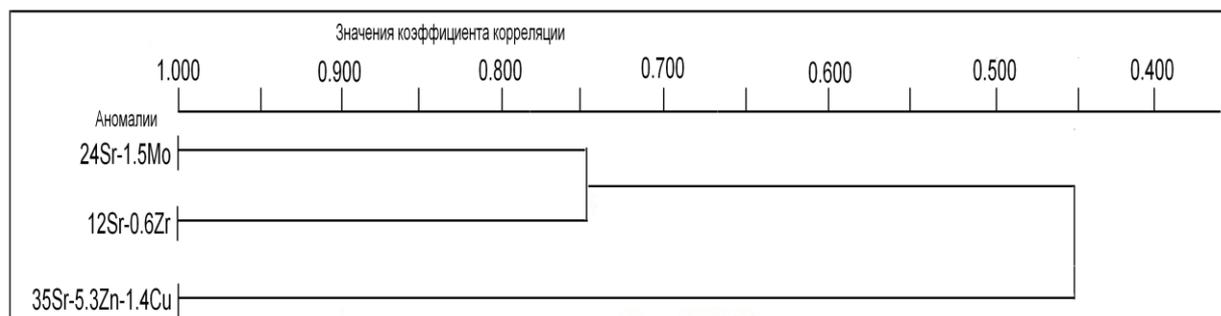


Рис. 4.43. Граф связей соотношения аномалий в структуре геохимического поля контактивно-метаморфического ореола

Аномалии Sr в горизонте прожилково-вкрапленных «медистых» руд.

В юго-западной фронтальной части рудоносного интрузива широко распространены брекчиевидные породы с величиной обломков от первых сантиметров до блоков размером 1-3 м. В составе обломков - блоков встречаются различные по составу безрудные и оруденелые габбродолериты и метасоматиты [127, с. 55

- 57]. Цемент обломков представлены форстеритовым кальцифиром → форстеритовым скарном → кальцит-ангидритовым метасоматитом и сплошными сульфидами. В прожилках в габбродолеритах наблюдается пектолит в ассоциации с пренитом, ангидритом и селенитом. Зональность геохимического ореола прожилково-вкрапленных руд рассмотрена по скв. 806.

Аномалия 86Cu[1], 7.5Ni[2], **6.4Sr**[3], 4.4Ag[4], 2.3Zn[5]; 2) (инт. 310 - 375 м) 114Cu[1], 60Ni[2], 22.0Ag[3], 6.6 Co[4], **2.3Sr**[5] (скв. 806, инт. 100 - 210 м)

Аномалия 189Cu[1], **25Sr**[2], 6.5Ag[3], 5.3Ni[4], 3.4Mo[5], 1.66Ba[6], 0.75Sn[7]. Зона «выноса» ранжированного ряда аномалии представлена Zr, Co, Mn, Zn, Cr, V и Ti. Коэффициенты минерализации Cu, Sr, Ag, Ni равны 100. Содержание Sr - $200 \cdot 10^{-3}$ вес.%. (скв. 806, инт. 450 - 490 м и 550 - 570 м).

Аномалия 168Cu[1], 20.7Ni[2], 19Ag[3], **2.1Sr**[4], 2.1Zn[5], 1.6Mn[6], 1.1Co[7], 0.95Zr[8], 0.9Ti[9], 0.89Sn[10], 0.89V[11], 0.77Cr[12], 0.6 [13]. Зона «выноса» ранжированного ряда аномалии представлена Mo, Pb и Ba. (скв. 806, инт. 490 - 520 м). $K_{M_{Cu, Ag, Ni}} = 100$, $K_{M_{Sr}} = 70$. Содержание Sr в среднем $16 \cdot 10^{-3}$ вес.%. Корреляционная связь между аномалиями показана на рис. 4.44.

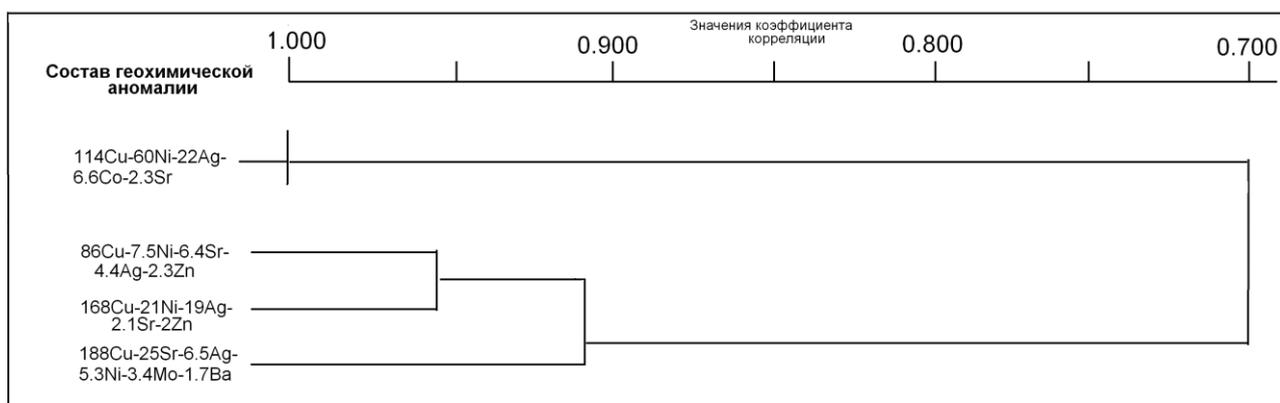


Рис. 4.44. Граф связей соотношения аномалий прожилково-вкрапленных руд

Прожилково-вкрапленные руды в зонах брекчирования, где обломки представлены преимущественно габбродолеритами с бедным вкрапленным оруденением, сцементированными кальцит-ангидритовыми метасоматитами представлены аномалиями: 5Cu[1], 4.6Ni[2], **4.5Sr**[3], 4.7Cr[4], 2.8Sn[5], 1.6V[6], 1.25Ag[7], 0.75Mo[8] (скв. 891, инт. 790 - 810 м). «Зона выноса» ранжированно-

го ряда аномалии представлена Ti, Ba, Zr, Zn и Pb. Содержание Sr в среднем $35 \cdot 10^{-3}$ вес.%. Отличительной особенностью данных аномалий является повышенные содержания Cr и V.

Нижняя часть разреза сульфато-карбонатных отложений мантуровской свиты в надинтрузивном ореоле и области его выклинивания представлена аномалиями с K_{Sr} от 8 до 13, в которых отмечаются повышенные концентрации Mo и Sn.

Околоинтрузивный ореол в области выклинивания интрузива (скв. СК-1, 943, 596) маркируются аномалиями:

7.6Sr[1], 2.7Mo[2], 1.3Zr[3], 1Sn[4], 0.9Pb[5] (скв. СК-1, инт. 100-125 м). Зона «выноса» геохимической ассоциации аномалии: Ba, Cu, Ni, Co, Cr, Ti, V, Y, Zn, Mn. Содержание Sr по интервалу в среднем $240 \cdot 10^{-3}$ вес.%. $K_{Sr} = 85$. Влияние зоны разлома, преобладают мергеля.

8 – 8.2 Sr[1], 2.8Sn [2], 1.45Pb[3] (скв. 943 и 596, инт. 190-250 м). Зона «выноса» геохимической ассоциации аномалии: Ba, Cu, Ni, Co, Cr, Ti, V, Y, Zn, Mo, Mn. Содержание ($n \cdot 10^{-3}$ вес.%) Sr от 8 до 200, в среднем 180. $K_{Sr} = 100$.

9Sr [1] (скв. 943 и 596, инт. 150 -190 м). Зона «выноса» геохимической ассоциации аномалии: Ba, Cu, Ni, Co, Cr, Ti, V, Y, Zn, Mo, Mn, Pb, Mo. Содержание Sr в среднем $50 \cdot 10^{-3}$ вес.%. $K_{Sr} = 100$.

Надинтрузивный ореол в ангидрито-мергельных породах мантуровской свиты фронтальной и центральной частей интрузива представлен аномалиями стронция с K_{Sr} от 14 до 3, которые подразделяются на два вида конструкций: с повышенными концентрациями Mo или Sn. Строение геохимических ассоциаций, сагающих аномалии стронция, содержащих Sn (скв. 891, СК -1, 943, 596):

аномалия **3.8Sr**[2], 4.3Sn[1], 1.2Zr [3], 1Pb [4]. Содержание Sr в среднем $110 \cdot 10^{-3}$ вес.%.
 аномалия **3.37 Sr**[1], 1.9Sn [2], 1.5Ag [3], 1.17Pb [4], 1.17Mo [5], 1.1Zr [6]

аномалия **4.3 Sr** [1], 1.35Sn [2], 1.3Mo[3], 1.0Zr [4], 0.9Pb [5], 0.7Ba[6] Содержание Sr в среднем $195 \cdot 10^{-3}$ вес.%.
 аномалия **4.3 Sr** [1], 1.35Sn [2], 1.3Mo[3], 1.0Zr [4], 0.9Pb [5], 0.7Ba[6]

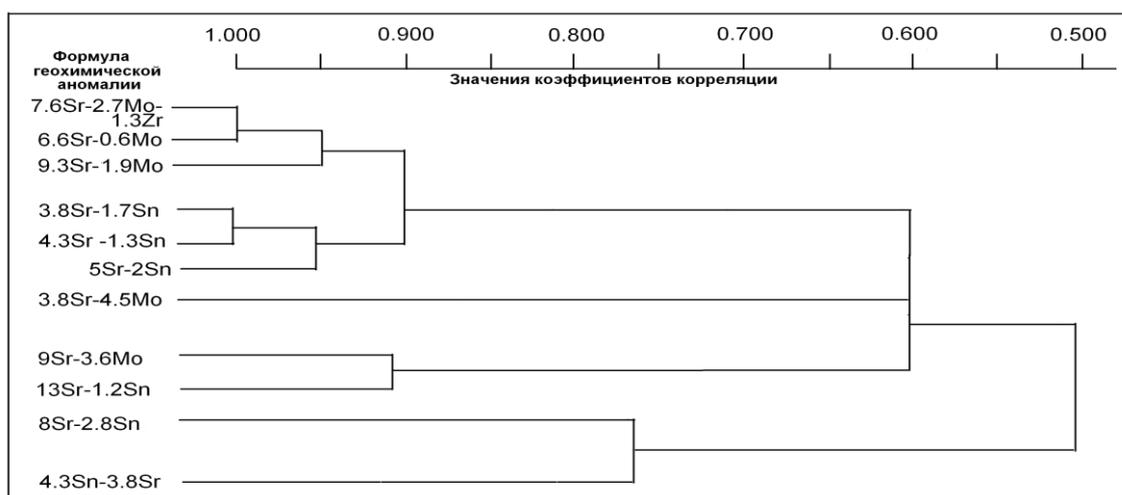
аномалия **13Sr**[1], 1.17Sn[3], 2.3Ba[2], 0.95Zr[4], 0.57Ti[5], 0.55Mn[6] (скв. 891, инт. 650-720 м). Зона «выноса» геохимической ассоциации аномалии: Cu, Ni, Co, Cr, V, Y, Zn, Mo. Содержание Sr в среднем до $475 \cdot 10^{-3}$ вес.%. $K_{M_{Sr}} = 100$.

Значение функции SCAN аномалий стронция, содержащих Mo:

аномалия **9.3Sr**[1], 1.9Mo[2], 1.3Zn[3], 1.1Zr[4], 0.85Ni[5], 0.79V[6], 0.78Cu[7], 0.78Ba[8], 0.73Mn[9]. Содержание Sr в среднем $400 \cdot 10^{-3}$ вес.%.
аномалия **7.6Sr**[1], 2.7Mo[2], 1.3Zr[3], 1Sn[4], 0.9Pb[5], 0.6Mn[6]. Содержание Sr в среднем $200 \cdot 10^{-3}$ вес.%. $K_{M_{Sr}} = 85$.

аномалия **4.5Sr**[2], 4.8Mo[1], 1.7Ag[3], 1.1Zr[4], 0.5Pb[6]. Содержание Sr от до $130 \cdot 10^{-3}$ вес.%.
аномалия **3.8Sr**[2], .4.5Mo[1], 1.7Sn[3], 1.3Pb[4], 0.88Zr[5], 0.75Ag[6], 0.56V[7], для остальных химических элементов Кк менее 0.5. Содержание ($n \cdot 10^{-3}$ вес.%) Sr в среднем 85.

Значения коэффициентов корреляции между аномалиями показаны на рис. 4.45.



4.45. Граф связей аномалий в структуре надинтрузивного контактового ореола фронтальной и центральной частей интрузива

Обобщая выше изложенное, можно отметить следующее. Породы верхнего контактового ореола в краевой части интрузива в области его выклинивания картируются аномалиями **Sr-Sn** ($KK_{Sr} = 8-9$, $KK_{Sn} = 3,0-4,0$). Породы контактового ореола фронтальной и центральной областей рудоносного интрузива маркируются аномалиями Sr-Zn ($KK_{Sr}=35$, $KK_{Zn}= 5.3$), а на контакте с интрузивом **Sr-Mo-Sn**

($KK_{Sr}=8-9$, $KK_{Mo}=1,9-4,3$, $KK_{Sn}=1.4 - 4.0$). Роговики с халькопиритовой минерализацией (прожилково-вкрапленные «медистые» руды) фиксируются аномалиями Sr - Cu ($KK_{Sr}=23$, $KK_{Cu}=2.2-2.5$) или Cu - Sr (KK_{Cu} до 190, KK_{Sr} от 2,3 до 25) (см. рис. 4.42). Установлено, что высоконтрастные аномалии Sr ($KK = 35$) (рис. 4. 46) пространственно сопряжены с аномалиями Ag - Cu - Ni (или Cu - Ag - Ni) рудных тел с халькопиритовым типом сульфидной минерализации (рис. 4.47), в которой отмечаются экстремально высокие для месторождения содержания Pt до 9-10 г/т, Pd - 43- 60 г/т и Ag до 13,34 г/т (Мирошникова Л. К. Взаимосвязь аномалий стронция в контактовых ореолах рудоносных интрузий с аномалиями рудогенных микроэлементов в промышленных горизонтах сульфидных руд, 2010. – с. 46-52).

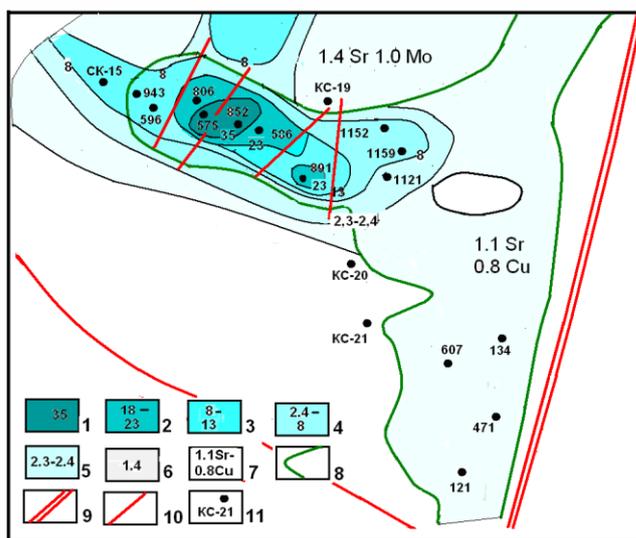


Рис. 4.46. Латеральная геохимическая зональность контактово- метаморфического ореола Хараелахского интрузива: 1 - 6 - значения коэффициентов концентрации Sr (цифрами указаны числовые значения коэффициента концентрации элемента); 7 - формула геохимической ассоциации; 8 - границы интрузива; 9 - Норильско-Хараелахский разлом; 10 - постинтрузивные разрывные нарушения; 11 - скважина

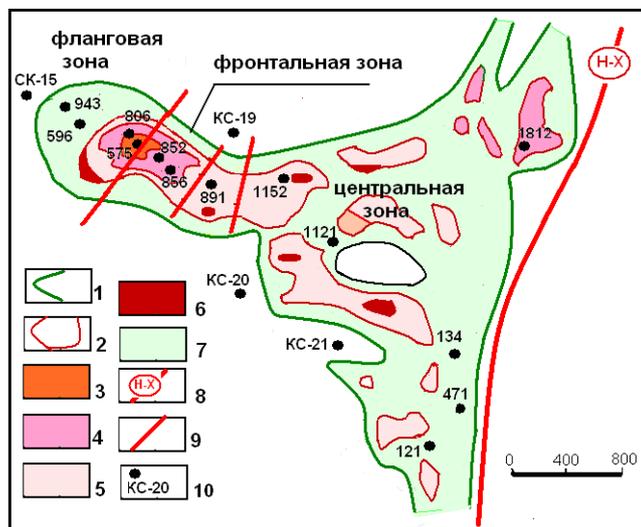


Рис. 4.47. Минеральная зональность рудных тел Октябрьского месторождения (по материалам ПО «Норильскгеология, 2010 с изменениями): 1 - контур рудоносного Хараелахского интрузива; 2 - тела сплошных руд; 3 - 6 - состав руд: 3 - халькопиритовый (с моихукитом и талнахитом) с аномалиями 867Ag - 428Cu - 183Ni - 9Co - 6Pb - 5.6Zn; 4 - кубанитовый с аномалиями 531Cu - 86.7Ni - 72Ag - 13Co; 5 - халькопирит-пирротиновый; 6 - пирротиновый с аномалиями 237Ni - 217Cu - 28.5Ag-12Co - 5.2Cr - 2.3Zn - 2.2Pb - 2.2Mn-2Sn; 7 - вкрапленные в интрузиве руды; 8 - зона главного шва Норильско-Хараелахского разлома; 9 - постинтрузивные нарушения; 10 - опорные скважины, аналитические данные по которым привлекались при использовании программы «ГЕОСКАН»

Природа уникальной особенности геохимической зональности контактового ореола и рудных тел западных флангов Хараелахского интрузива является предметом дискуссий. Исследования геохимии изотопов серы и стронция объясняют процесс образования аномалий изучаемого объекта с точки зрения контаминации магматического расплава коровым веществом. По данным изотопных исследований [1] в породах западного фланга рудоносного Хараелахского интрузива сера изотопно тяжелая $\delta^{34}\text{S} = 12,8\text{‰}$, в рудах $\delta^{34}\text{S} = 8\text{-}12\text{‰}$, а в верхах разреза интрузива, в роговиках и метасоматитах с ангидритом и кальцитом $\delta^{34}\text{S} =$ до $11,4\text{‰}$, что близко к значениям $\delta^{34}\text{S} = 15\text{-}18\text{‰}$ (в среднем $16,5\text{‰}$) в ангидритах. Эти данные указывают на существенный вклад в рудообразование серы сульфатов осадочной толщи. По мере удаления в юго-восточном направлении от западных флангов Хараелахского интрузива, где руды обогащены медью, значения $\delta^{34}\text{S}$ в сульфидах несколько убывает (от $12,8$ до $11,5 \text{‰}$) приближаясь к характерному для Талнахского интрузива $\delta^{34}\text{S} = 11,2 \text{‰}$, залегающему в терригенных отложениях карбона-перми. Для руд Талнахского месторождения и Октябрьского в центральной части Хараелахского интрузива характерна пирротиновая минерализация.

Изотопы стронция. Величина ϵSr для норильских ангидритов скорее всего соответствует девонской морской воде, где ϵSr примерно равен $+45$ до $+60$. В интрузиях норильского типа во время внедрения величина ϵSr составляла $+20$. Отношения $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$ равные $0,707$ и ниже, прослеживаемые в области ультраосновных пород интрузива объясняются, скорее всего, малыми содержаниями рубидия и стронция в ультраосновных породах. Наиболее обогащены рубидием и стронцием верхние приконтактные породы интрузива (Rb – $36\text{-}85 \text{ ppm}$ и Sr – $325\text{-}350 \text{ ppm}$, лейкогаббро), содержания которых последовательно снижается до Rb $4\text{-}12 \text{ ppm}$ и Sr $88\text{-}146 \text{ ppm}$ (обогащенные оливином пикритовые габбродолериты). Изотопный анализ стронция в рудах из образцов западной части Хараелахского интрузива дает более высокие значения отношения $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$: $0,7081 - 0,7116$ по сравнению с начальным отношением стронция

($^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$ до 0.709) в сульфидах. По-видимому, это связано с влиянием корового компонента (эвапоритовые породы) с высокими концентрациями радиогенного стронция на мантийную составляющую флюида, в результате внедрения которого и происходило рудообразование [1]. Кроме того, предполагают, что радиогенный стронций был привнесен из вмещающих пород в приконтактовые зоны интрузива уже после кристаллизации магматических пород, в результате гидротермальной деятельности (Надрет, 2003, с. 133).

Возможно, рудоотложение сопровождалось (или вызывалось) интенсивной циркуляцией вод осадочной толщи, проникающих в зону кристаллизации интрузивов. Циркуляция, очевидно, инициировалась внедрением магмы в пласты осадочных пород. Потоки вод могли нести рудные компоненты и стронций и отлагать их на постмагматическом этапе, что привело к образованию аномалий стронция с повышенными концентрациями Zn, Mo, Sn. [1].

Выводы. Установлено, что верхний контактовый ореол рудоносного интрузива, локализованного в сульфатно-карбонатных отложениях мантуровской свиты, маркируется аномалиями Sr. Во вмещающих алюмосиликатных аргиллитовых отложениях породах разведочнинской ($D_{1-2}rz$) и курейской свит (D_1kr) не содержащих осадочный ангидрит в нормальном залегании Sr не концентрируется. На западном фланге Хараелахского интрузива отмечается пространственная связь аномалий стронция в верхнем контактовом ореоле рудоносного интрузива и аномалий медно-никелевого типа в рудных телах. На основе изучения геохимии изотопов можно предположить, что процесс рудообразования на западном фланге Хараелахского интрузива происходит при интенсивном влиянии корового компонента (источник серы эвапоритовые породы) на флюидную составляющую фракционированной плавлением сульфидной магмы, обогащенной медью, в результате чего образовались руды с халькопиритовым типом минерализации. Образование аномалий стронция в верхнем контактовом ореоле зонах интрузива увязывается с образованием минералов гидротермалитов (ангидритофилов и целестина) в постмагматическую гидротермальную стадию, при

этом допускается высокий вклад близповерхностных вод из вмещающих интрузии пород при формировании минералообразующих флюидов.

Выводы (Второе защищаемое положение). Металлогеническая специализация Талнахской РМС отражена геохимической спецификой составляющих траппового магматизма и вмещающих пород. Каждая из четырех типов лав, сформировавших пермо-триасовое трапповое поле ТРМС, имеет индивидуальную специализацию: щелочные и субщелочные ассоциации Ti–Zr–P–Ba, переходная от щелочной к гипербазит-базитовой субформации на V–Cr, базальты пикритовых лав Cr–Ni–V–Co, толеитовый тип лав нормального ряда (mg–km) никеленозной ассоциации Cr–Co–Ni–Cu. Установлена специализация трех генетических типов интрузивных образований норильского комплекса: слабо рудоносный нижнеталнахский Co–Ni–Cr (или Ni–Co–Cr), рудоносный полнодифференцированный норильско-талнахский Cu – Ni – Co, слабодифференцированный круглогорский тип Ni – Cu – Co. Сульфатно-карбонатные породы девона, вмещающие Хараелахский интрузив, специализированы на Sr, сульфидосодержащие угленосные отложения карбона – перми, вмещающие Талнахский интрузив, - на Zr - Mo (или Zr-Ti).

Глава 5. Структурно-геохимические модели рудоносного интрузива Талнахского рудного узла

Для написания данного раздела привлекались опубликованные материалы Сухановой Е.Н. (О принципиальной модели рудоносных интрузивов Норильского типа и ее применимости, 1971, – С. 159–162), Тарасова А.В. (О типизации структурных элементов норильских медно-никелевых месторождений, 1971, с. 150–153) и Радько В.А. [109, с.19-26; 110, с. 53-54]

Основными структурными элементами норильских месторождений - являются тела дифференцированных интрузивов, и в частности их морфоструктурные элементы - мульдообразные и килевые прогибы, пологие и крутые флексуорообразные изгибы, которые в сочетании со структурными элементами околоинтрузивных зон образуют структурные узлы. Рудные зоны месторождений контролируются морфоструктурными элементами интрузий, а границы месторождений - распространением дифференцированных интрузий. В пределах ТРУ интрузив норильско-талнахского типа состоит из нескольких веерообразно расходящихся ветвей: северо-восточная (Талнахский интрузив), северо-западная (Хараелахский интрузив) и юго-западная (Приразломная ветвь Талнахского интрузива). Ветви обнаруживают тенденцию к слиянию в центральных частях мульд – кальдер. Подобные участки распространения интрузивных массивов названы тектономагматическими узлами (рис. 5.1) [122].

5.1. Структурно-геохимическая модель рудоносного полнодифференцированного Хараелахского интрузива Октябрьского месторождения

Во всех интрузивах норильско-талнахского типа выделяются главные рудно-геохимические зоны, обусловленные различными фациальными условиями становления рудоносного интрузива, что инициирует закономерные изменения в строении интрузивов по площади, особенно по восстанию.

В Хараелахском интрузиве выделены четыре зоны: прикорневая (тыловая), центральная, фронтальная, фланговая (краевая) (рис. 5.2).

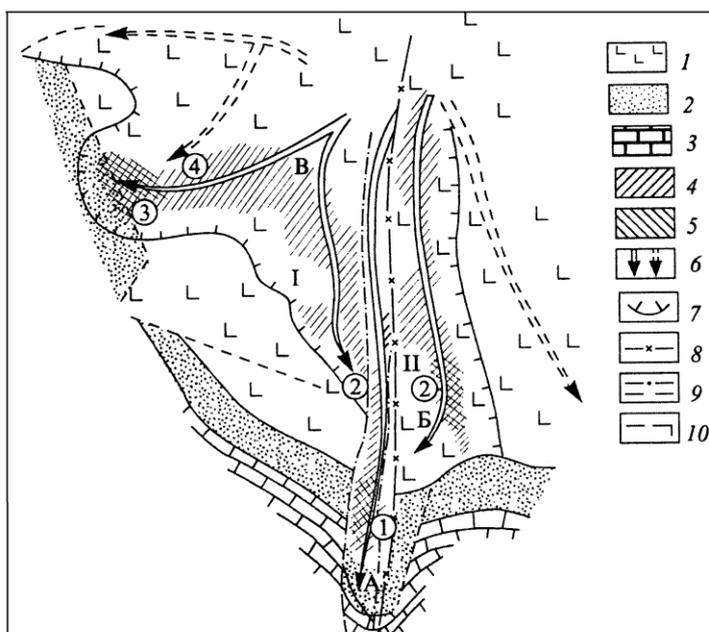


Рис. 5.1. Схема геологического строения Талнахского рудного узла (по Е. Н. Сухановой, 1971): I - Октябрьское месторождение; II - Талнахское месторождение; 1 - базальты туфолавовой толщи; 2 - песчаники тунгусской серии; 3 - карбонатные породы девона; 4 - вкрапленные руды в породах интрузии; 5 - сплошные руды; 6 - оси отдельных ветвей интрузии (вскрытые и предполагаемые: А - юго-западная, Б - северо-восточная (Талнахский интрузив), В - северо-западная (Хараелахский интрузив)); 7 - внешний контур интрузии; 8 - главный шов Норильско-Хараелахского разлома; 9 - его западные сбросы; 10 - прочие тектонические разрывы; цифры в кружках: 1-4 - поля рудников «Маяк», «Комсомольский» (западная и восточная части), «Октябрьский» и «Таймырский» соответственно



Рис. 5.2. Зональность Хараелахского интрузива (по материалам НКРЭ, 1987, с изменениями Рябова, 2010): 1 - центральная часть; 2 - области сокращения мощности и выклинивания горизонта пикритовых габбродолеритов в центральной части; 3 - фронтальная зона; 4 - фланговые части; 5 - 6 - прикорневая зона (силлы лейкократового габбро): 5 - в нижнем горизонте локализации интрузива в зубовской и курейской свитах; 6 - нижней части разведочнинской свиты; 7 - залежи богатых руд; 8 - разрывные нарушения: а - главный шов Норильско - Хараелахского разлома; б - западный сброс, ограничивающий центральный грабен; в - прочие разрывные нарушения

К внешним зонам происходит усложнение их формы и внутреннего строения (рис. 5.3), относительное обогащение пород летучими компонентами, при снижении роли Mg и роста SiO₂ Al₂O₃ и (рис. 5.4), меняются степени и характер оруденения, морфология и внутреннее строение рудного горизонта [125, с. 159].

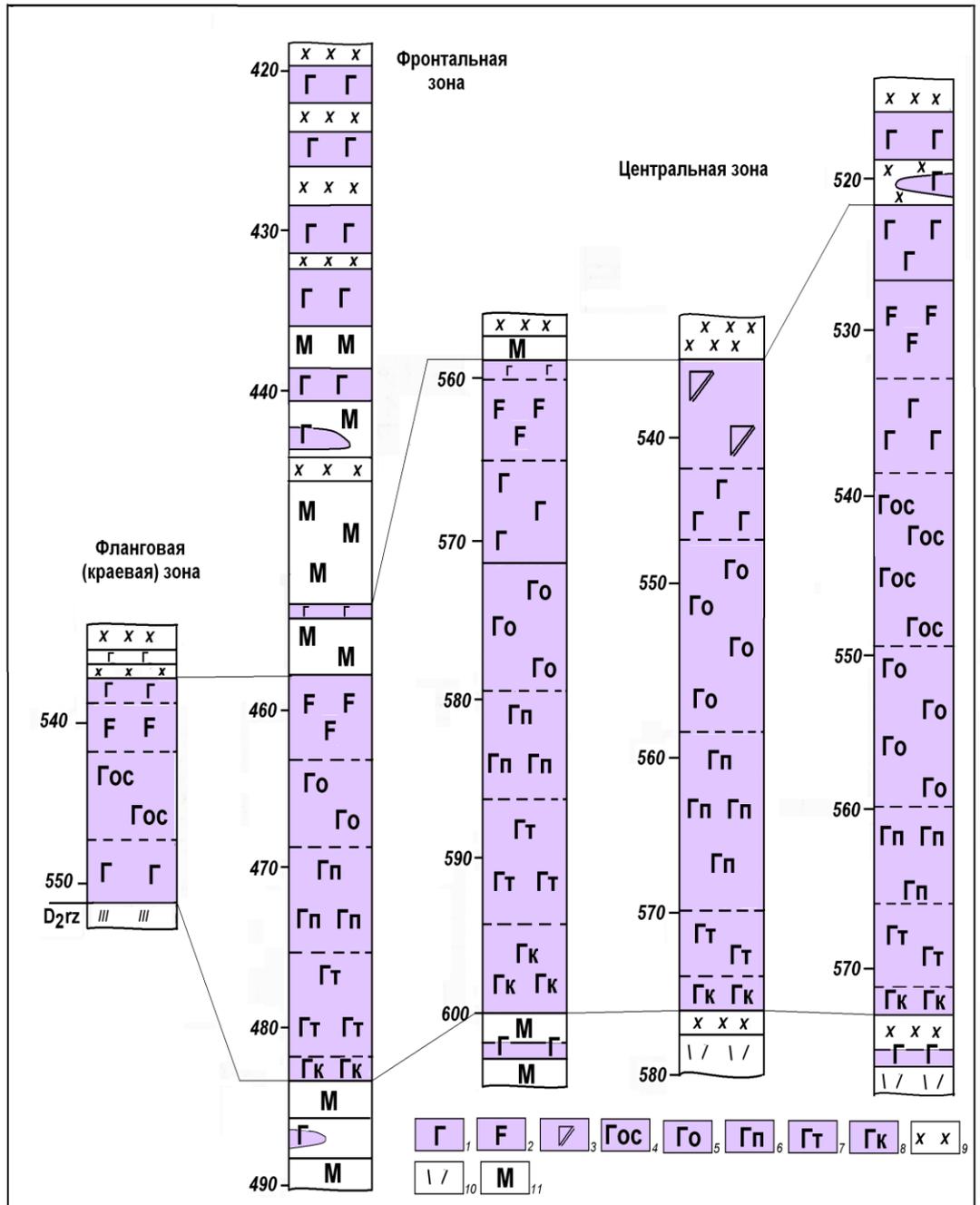


Рис. 5.3. Сопоставление обобщенных разрезов Хараелахского интрузива в различных зонах: 1 – 8 – габродолериты: 1 – габбро, 2 – лейкократовое габбро, 3 - габбро диорит, 4 – оливинсодержащие, 5 – оливинные, 6 – пикритовые, 7 - такситовые, 8 - контактовые; 9 – скарны; 10 – метасоматиты; 10 – роговики пироксеновые; 11 – мрамора

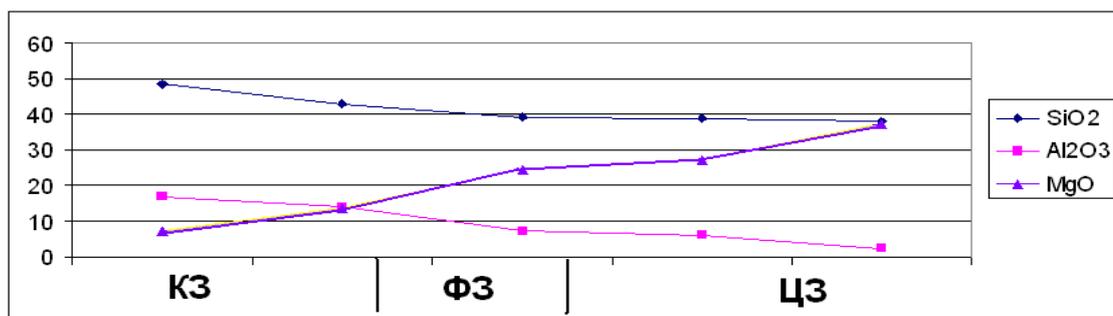


Рис. 5.4. Вариации SiO₂, Al₂O₃ и MgO в пикритовых габбродолеритах разных фациальных зон рудоносного интрузива: КЗ – краевая зона, ФЗ – фланговая зона, ЦЗ – центральная зона

Прикорневая (тыловая) зона дифференцированных интрузий тяготеет к наиболее глубоким, центральным областям мульд. Сложена обычными пластовыми слабодифференцированными телами габбродолеритов (рис. 5.5).

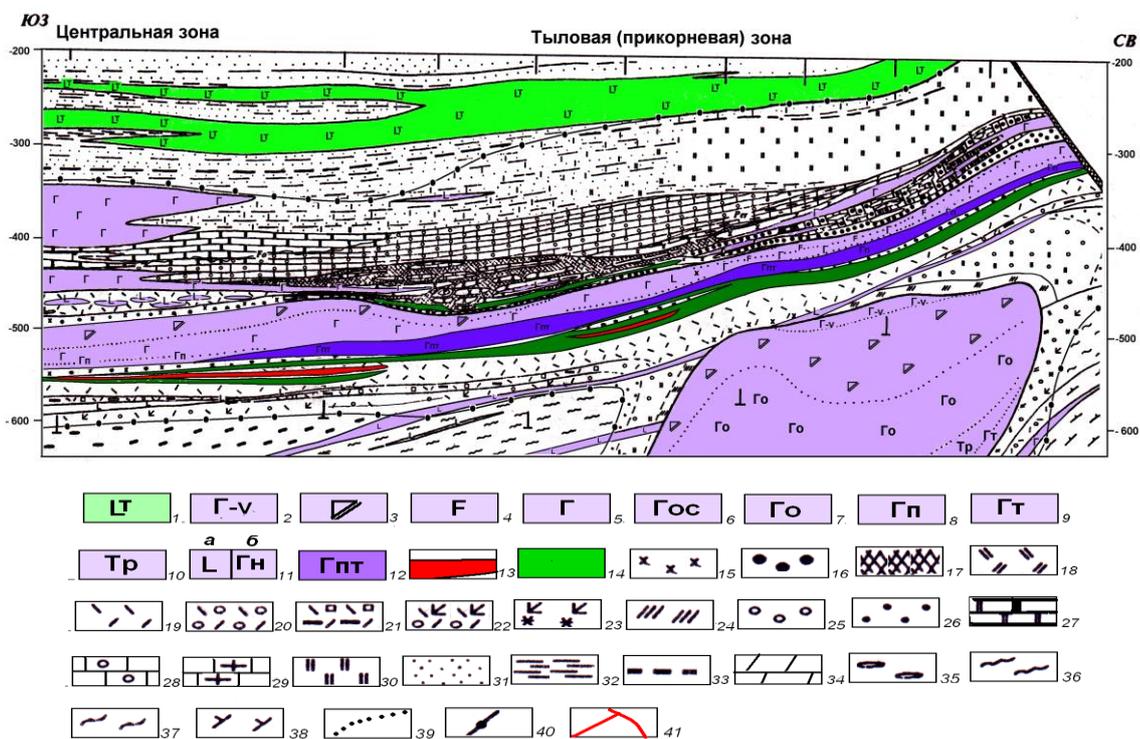


Рис. 5.5. Геологический разрез прикорневой и центральной зон Хараулахского интрузива (по материалам ПО «Норильскгеология» и Туровцева Д.М., 2002 с изменениями): 1 – титан-авгитовые долериты ергалахского интрузивного комплекса; 2 – 12 – породы дифференцированных интрузивов: 2 – гибридно – метасоматические; 3 – габбро - диориты; 4 – лейкогаббро; 5 – габбродолериты, то же безоливиновые; 6 – габбродолериты оливиноносодержащие; 7 – габбродолериты оливиновые; 8 – габбродолериты пикритовые; 9 – габбродолериты такситовые; 10 – троктолиты; 11 – а – микродолериты псевдобрекчий и апофиз интрузивов, б – габбродолериты недифференцированные; 12 – 14 руды: 12 – вкрапленные руды в пикритовых и такситовых габбродолеритах; 13 – сплошные; 14 – прожилково - вкрапленные; 15 – 17 – скарны: 15 – фассаитовые, 16 – форстеритовые и монтичеллитовые, 17 – ангидритофиры; 18 – 23 – роговики апомергелевые, 18 – плагиоклазсодержащие, 19 – существенно пироксеновые, 20 – узловатые, 21 – гранат – флогопитовые, 22 – амфиболовые, 23 – эпидотовые; 24 – 26 – роговики апоаргиллитовые: 24 – кордиеритовые, 25 – узловатые, 26 – пятнистые сланцы; 27 – 29 – мраморы: 27 – внешней части ореола, 28 – промежуточной, 29 – бруситовые апопериклазовые; 30 – перекристаллизованные породы тунгусской серии, альбититы; 31 – 38 – исходные вмещающие породы: 31 – 33 – тунгусской серии: 31 – песчаники и алевролиты, 32 – аргиллиты, 33 – угли; 34 – 38 – свит девона: 34 – каларгонская, 35 – мантуровская, 36 – разведочнинская, 37 – курейская, 38 – зубовская; 39 – 40 – границы: 39 – горизонтов интрузивных пород, 40 – контактового ореола; 41 – разрывные нарушения

Разрез представлен практически только однообразными пикритоподобными породами с порфиридными вкраплениями и гломеропорфировыми обособлениями оливина и анортита, со шлирами и тонкими жилками хромита и хромо-магнетита. По петро- и геохимическим свойствам данные породы подобны базальтам моронговской свиты (рис. 5.6). Оруденение рассеянное вкрапленное, пирит–пирротинное, которое постепенно по восстанию интрузива становится преимущественно пирротинного состава с кубанитом вместо халькопирита. Фиксируется аномалиями V- Cr – Co – Ti – Ni (рис. 5.7) (см. табл.2.6, 2.10; Приложение 7, табл. 7).

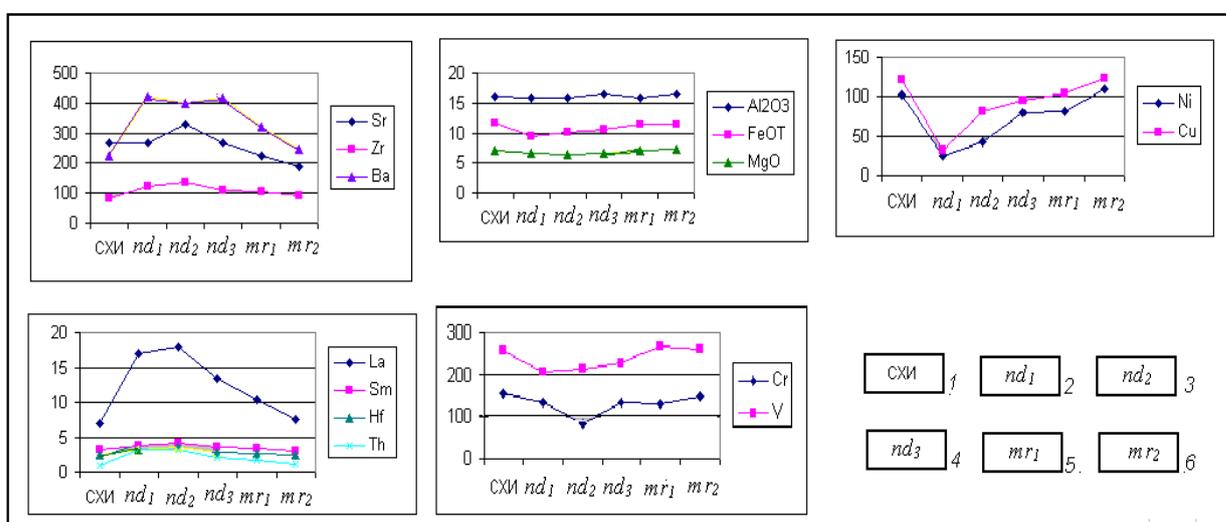


Рис. 5. 6. Сопоставление средних составов габбродолеритов силл Хараелахского интрузива и базальтов надеждинской – моронговской свит (по материалам Налдрета А.Дж., 2003, с. 135): 1 – силлы Хараелахского интрузива; 2 – 4 - базальты надеждинских лав; 5 – 6 – базальты моронговских лав. Содержание окислов (вес.%) пересчитаны на 100% без П.П.П. Содержание элементов примесей приведены в ppm

Центральная зона характеризуется разветвлением единого «ствола» интрузива на несколько линзовидных в сечении языкоподобных тел. Интрузивные ветви сближены, кулисообразно заходят друг за друга или соединены мало-мощными долеритовыми проводниками. При длине 5-9 км их ширина не превышает 300-1000 м. Мощность меняется в пределах 100-200 м (исключая локальные раздувы и пережимы) (см. рис. 5.5). В вертикальных разрезах центральной зоны интрузив полнодифференцирован, обладает максимальной мощностью (до 300 м). В центральной зоне отмечается воздымание интрузивного тела. Присутствует только вкрапленное оруденение в пикритовых и такситовых

габбродолеритах. Сульфидная вкрапленность относительно густая, каплевидная и пылевидная халькопирит–пирротиновая, причем доля халькопирита во вкрапленниках возрастает до 50%. Маркируется аномалиями Ni – Cr - Cu - Co (K_{Ni} до 35) (см. табл. 2.11).

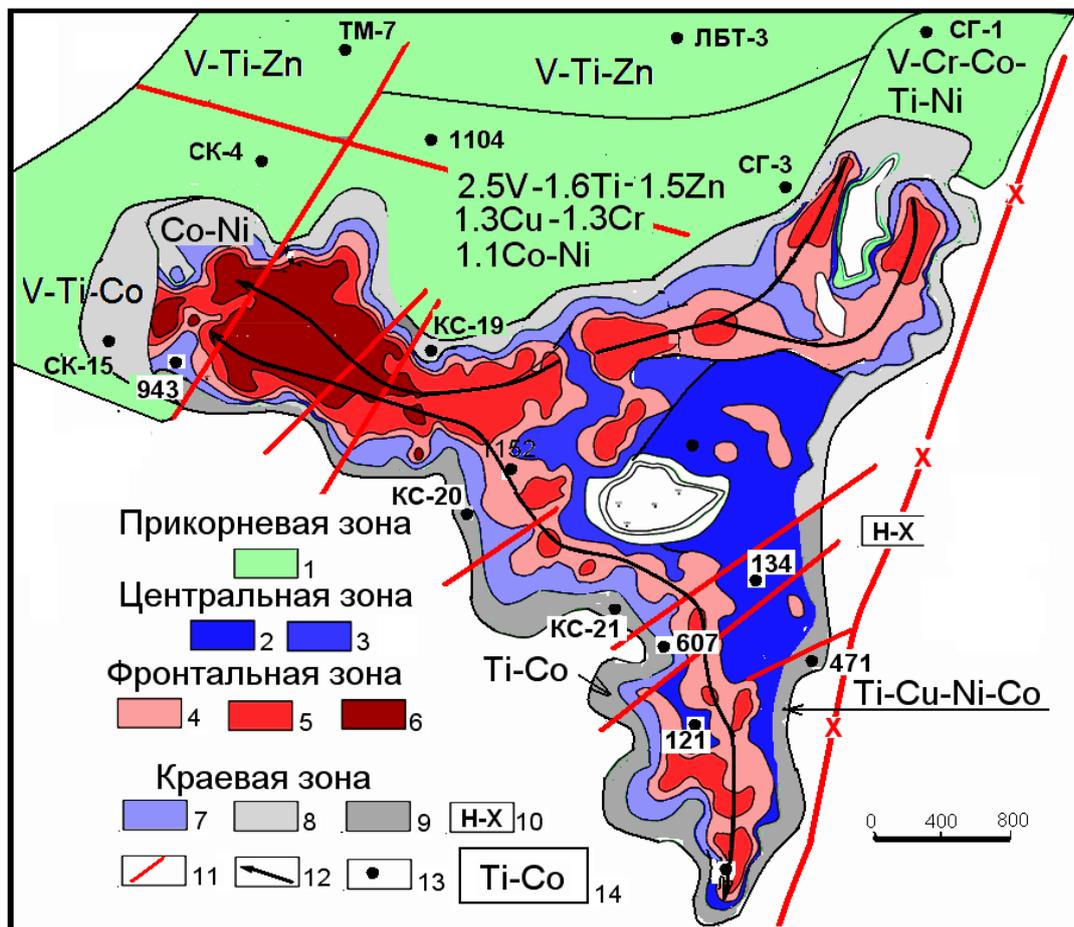


Рис. 5.7. Структурно-геохимическая модель Хараелахского интрузива (по материалам В.А. Радько с изменениями): 1 – прикорневая зона; 2 – 3 – центральная зона с аномалиями 2 - Ni-Cu-Co ($Ni > Cu$) (пирротиновая минерализация), 3 - аномалии Ni-Cu-Co ($Ni = Cu$); 4-6 фронтальная зона: 4 - с аномалиями $237Ni-217Cu-28.5Ag-12Co-5.2Cr-2.3Zn-2.2Pb-2.2Mn-2Sn$ (кубанит - пирротиновая минерализация); 5 – аномалия $531Cu-86.7Ni-72Ag-13Co$ (кубанитовая минерализация); 6 – аномалия $867Ag-428Cu-183Ni-9Co-6Pb-5.6Zn$ (халькопиритовая, мойхукитовая минерализация); 7-9 - краевая зона: 7 – зона рассеянной минерализации Ni-Cu-Co (Cu-Ni-Co); 8 – аномалии Ni-Co, Co-Ni, V-Ti-Co (вкрапленность никель - кобальтсодержащего пирита и магнетита); 8 – аномалии Ti-Cu-Ni-Co (халькопирит - пирротин-магнетитовая минерализация); 9 – тектонические нарушения постинтрузивные; 10 – Норильско-Хараелахский разлом; 11 – разрывные нарушения постинтрузивные; 12 – осевые линии интрузива; 13 - скважина; 14 – формула геохимической ассоциации

В области перехода от центральной к фронтальной зоне выделяется промежуточная область с аномалиями Cu – Ni – Ag – Co ($Cu = Ni$) оруденения пирротин - халькопиритового или халькопирит – пирротин - кубанитового составов (см. рис. 5.7).

Фронтальная зона (рис. 5.8 и см. рис. 5.7) дифференцированных интрузий тяготеет к бортам мульды. В ее разрезах встречаются все дифференциаты, характерные для тыловой и центральной зон. Наблюдаются флексуобразные и мульдообразные перегибы днища интрузий. Фронтальная зона отличается еще большим уплощением и разветвлением интрузива и рудного горизонта, в связи с чем усложняется внутреннее строение того и другого, нарушается обычная последовательность смены дифференциатов и горизонтов оруденения.

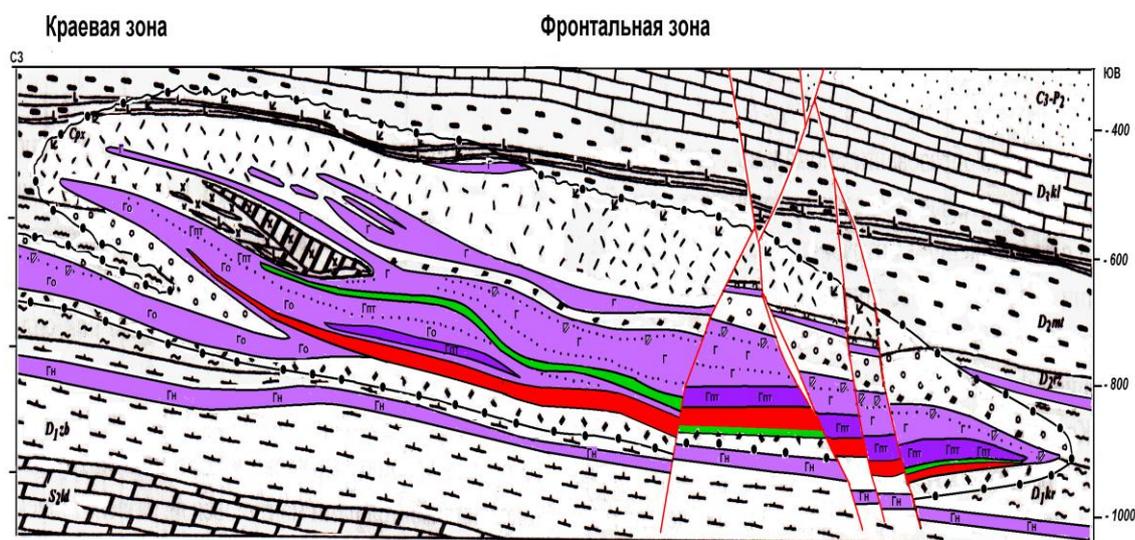


Рис. 5. 8. Геологический разрез фронтальной и краевой зон Харалахского интрузива (по материалам ПО «Норильскгеология») (условные обозначения на рис. 5.5)

В ее разрезах встречаются все дифференциаты, характерные для тыловой и центральной зон. По самому внешнему краю этой зоны, в связи с резкой потерей летучих и быстротой остывания, образуются тонкозернистые долеритоподобные породы со слабой дифференциацией, и убогим оруденением, дайки и апофизы. Во внутренней части фронтальной зоны, напротив, широко развиты шпиры и жилы грубозернистых, пегматоидных таксито- и брекчиевидных пород со следами гибридизации и метаморфизма. Для этой зоны характерна максимальная рудонасыщенность, с отчетливой обогащенностью всех руд минералами меди и тесно с ними связанными платиноидами, золотом, серебром, селеном и теллуrom. Важным отличием является появление здесь сплошных сульфидных Cu - Ni руд, образующих жилы, линзы и плиты последние в свою оче-

редь также имеют свою зональность. Кроме того, при внедрении сульфидного расплава в породы нижнего экзоконтакта и смешивании его с роговиками, образуются прожилково-вкрапленные «медистые» руды, имеющие пластовую морфологию рудных тел. Во фронтальной зоне выделены аномалии Cu – Ag – Ni – Co (или Ag – Cu – Ni – Co) в горизонтах сплошных сульфидных руд и прожилково-вкрапленного «медистого» оруденения (см. табл. 2.11). Руды образуют несколько горизонтов, кулисо- и чешуеподобно сменяющих друг друга, но подчиняющихся общему структурному и структурно-литологическому контролю (рис. 5.9).

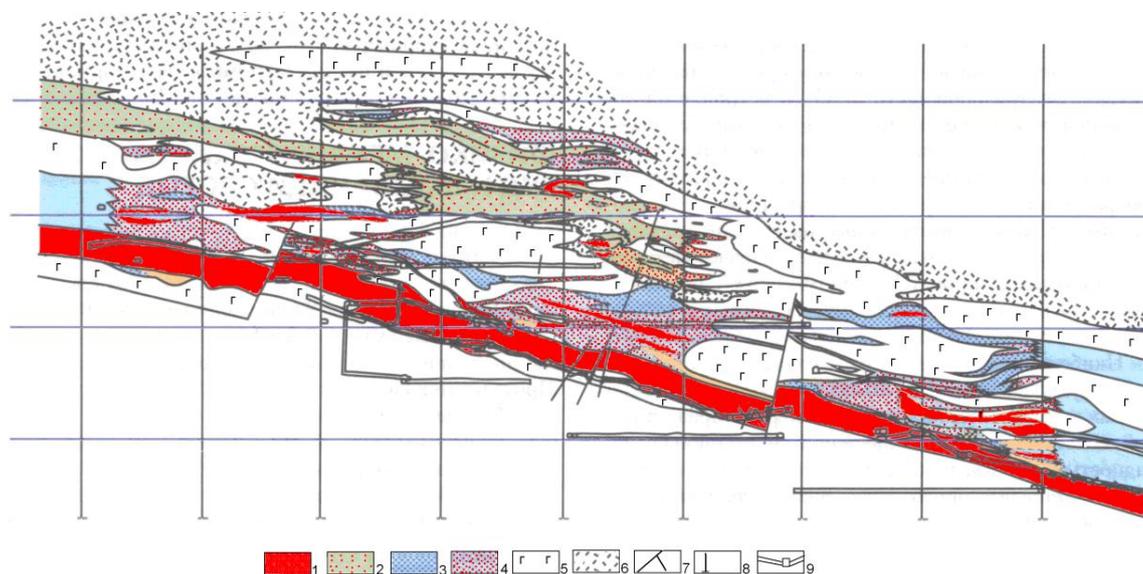


Рис. 5.9. Геологический разрез по разведочному орту (по данным геологического отдела рудника «Октябрьский», 2011): 1- сплошные руды; 2 - медистые руды; 3- вкрапленные руды бедно вкрапленные; 4 - вкрапленные руды богато вкрапленные; 5 - габбро-долериты; 6 - роговики; 7 - тектонические нарушения; 8 - скважины; 9 - горные выработки

Фланговая (краевая) зона. Хараелахский рудоносный расслоенный интрузив, с которым связано Октябрьское платино-медно-никелевое месторождение, включает собственно расслоенное тело и широкий ареал его краевых фаций. Контур собственно Хараелахского расслоенного интрузива соответствует границам Октябрьского месторождения и ограничивается в основном полем развития в интрузиве рудоносных пикритовых и такситовых габбро-долеритов. Этому контуру отвечает мощность интрузивного тела около 15-25 м, при которой горизонты пикритов и такситов еще участвуют в строении разреза интрузива. На флангах

интрузива из разреза исчезают габбродиориты и пикритовые габбродолериты, такситовые габбродолериты становятся такситовидными и далее увеличивается доля контактовых габбродолеритов вплоть до полного исчезновения признаков дифференциации. В краевой зоне дифференцированный интрузив (по латерали и нормали) постепенно сменяется в начале маломощными (30-10 м) дифференцированными пластинами оливиновых, оливинсодержащих, безоливиновых габбро-долеритов, а далее – недифференцированными телами оливино – и плагиопорфировых долеритов и микро-долеритов (см. рис. 5.8 и 5.10). Помимо эндоконтактных краевых фаций интрузива выделяется большая группа связанных с ним образований: апофиз, жилообразных инъекций, полигенных метамагматических псевдобрекчий, располагающихся в экзоконтактной области Хараелахского расслоенного интрузива по периферии всего массива. Здесь мощность интрузивного тела уменьшается, оно часто расщепляется на силловидные апофизы (см. рис. 5.8), расположенные в осадочной толще и разделенные телами роговиков.

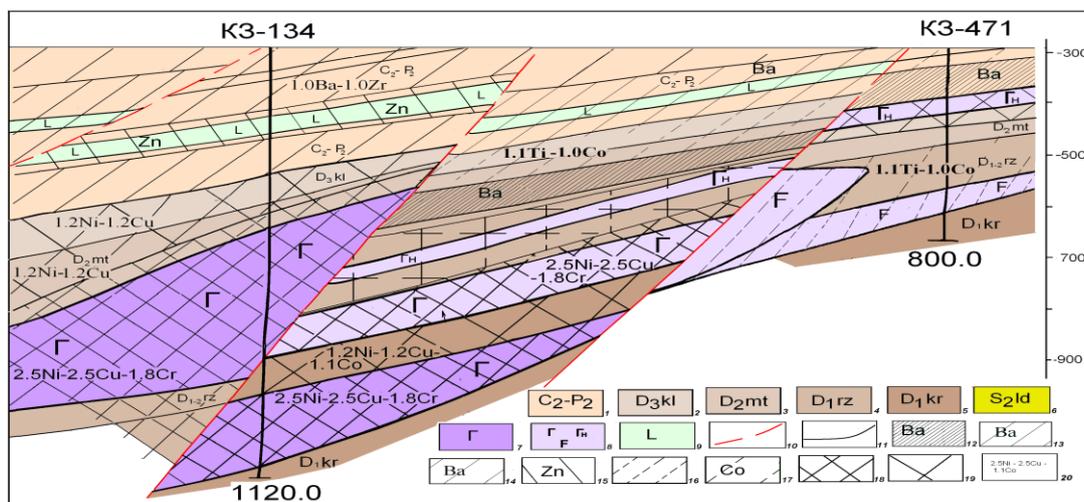


Рис. 5.10. Геолого-геохимический разрез юго-восточной краевой зоны Хараелахского интрузива (по материалам ПО «Норильскгеология», 2000; Мирошникова Л.К., 2012): 1 – 6 – вмещающие отложения: 1 – тунгусской серии, 2 – 5 – девона: 2 – каларгонская свита, 3 – мантуровская свита, 4 – разведочнинская свита, 5 – курейская свита; 6 – лудловская свита верхнего силура; 7 – породы главного интрузивного тела; 8 – габбродолериты силлов: габбродолериты недифференцированные, безоливиновые, лейкогаббро; 9 – долериты Ергалахского комплекса; 10 – разрывные нарушения; 11 – границы ореолов; 12 – 20 – геохимические ореолы: 12 – 14 – аномалии контактового ореола в сульфидосодержащих (преобладает пиритовая минерализация) породах тунгусской серии: 12 – $4.8\text{Zr} - 4.1\text{Ba} - 3.8\text{Ti} - 2.8\text{Mn} - 2.7\text{Zn} - 2.2\text{Ni} - 2.2\text{Co} - 1.7\text{Cu} [\text{Cr}, \text{Pb}]$, 13 – $2.5\text{Ba} - 1.7\text{Zr} - 1.1\text{Cu} - 1.1\text{Ti} - 1.0\text{Ni}$; 14 – $1.0\text{Ba} - 1.0\text{Zr} - 0.9\text{Cu}$; 15 – аномалии цинка в долеритах ергалахского комплекса – $2.7\text{Zn} - 1.6\text{Mo} - 1.0\text{Ni}$; 16 – 17 – ореолы в измененных габбродолеритах и зонах скарирования с пирит-магнетитовой вкрапленностью: 16 – $3.1\text{Ti} - 1.6\text{Co}$, 17 – $1.0\text{Ti} - 1.0\text{Co}$; 18 – 19 – ореолы никель-медного типа: 18 – аномалия $2.5\text{Ni} - 2.5\text{Cu} - 1.8\text{Cr} [\text{Ti}, \text{Sr}, \text{Ba}, \text{Zr}]$, 19 – $1.2\text{Ni} - 1.2\text{Cu} - 1.1\text{Co} - 0.94\text{Cr}$; 20 – формула геохимической ассоциации, цифрами указаны значения коэффициентов концентраций, в квадратных скобках – элементы «зоны выноса» геохимической ассоциации

Разрез юго-восточной и южной краевых зон, окаймляющих Хараелахский интрузив, сложен от обогащенных оливином габбродолеритами (оливиновых, оливинсодержащих) до лейкогаббро (скв. КС - 19, КС - 20, КС - 21, КЗ - 121, КЗ - 134, КЗ - 471, КЗ - 607). Лейкогаббро с массивной и такситовой текстурой развиты отдельными участками и локализуются вдоль юго-западного (скв. КС-20, КС-21), юго-восточного (через скв. 121, 134, 471) и северо-западного (КС-19) бортов интрузивной ветви в виде линейных зон шириной около 400 м. Силлы непосредственно отходящие от рудоносных интрузивов имеют незначительный объем и не удаляются от них более, чем на десятки – первые сотни метров (см. рис. 5.10, рис. 5.11, 5.12). Максимальные значения мощности силл до 31,4 м (при средней мощности 13 м).

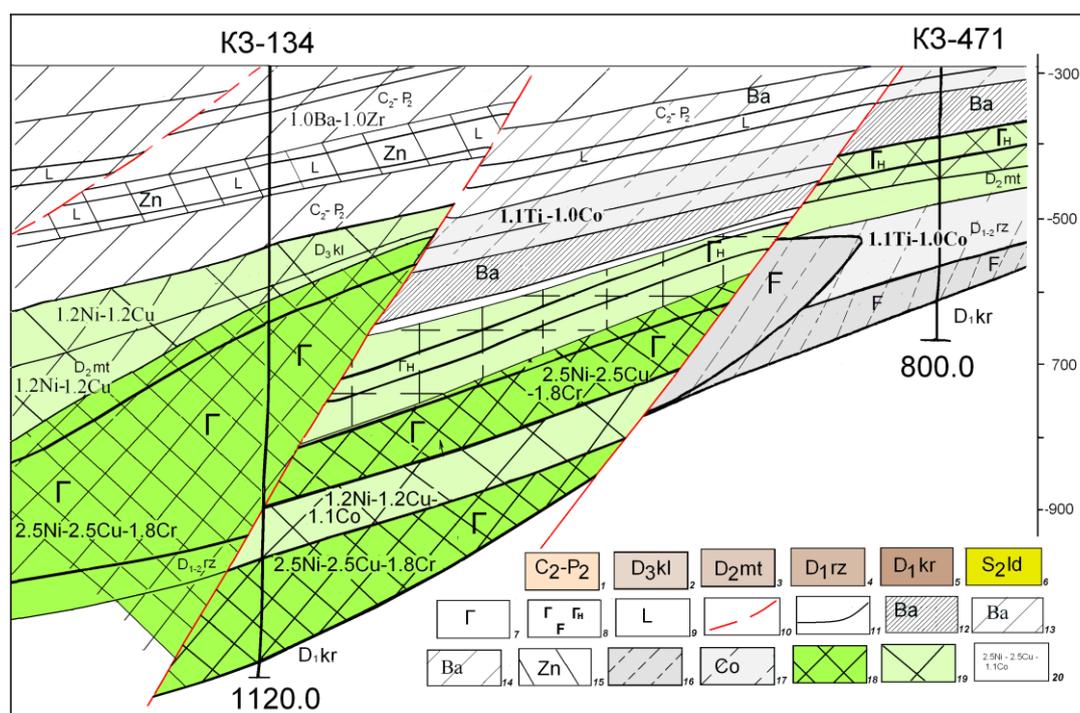


Рис. 5.11. Геохимическая зональность юго-восточной краевой зоны Хараелахского интрузива (Мирошников Л.К., 2012) (условные обозначения 1 – 15 на рис. 4.8); 16 – 17 - ореол титана; 18 – 19 – медно-никелевый ореол

Области краевых фаций рудоносного интрузива характеризуются обширным развитием образований постмагматической стадии, представленной формациями щелочных метасоматитов, магнезиальных и известковистых скарнов, послескарновых метасоматитов, гидротермалитов. Выделяемые здесь существенно пиритовые, пирротиновые и магнетитовые минеральные разновидности сульфидной и окисной

минерализации, образуют сплошные и густовкрапленные тела как в скарнированных породах, так и в телах апофиз.

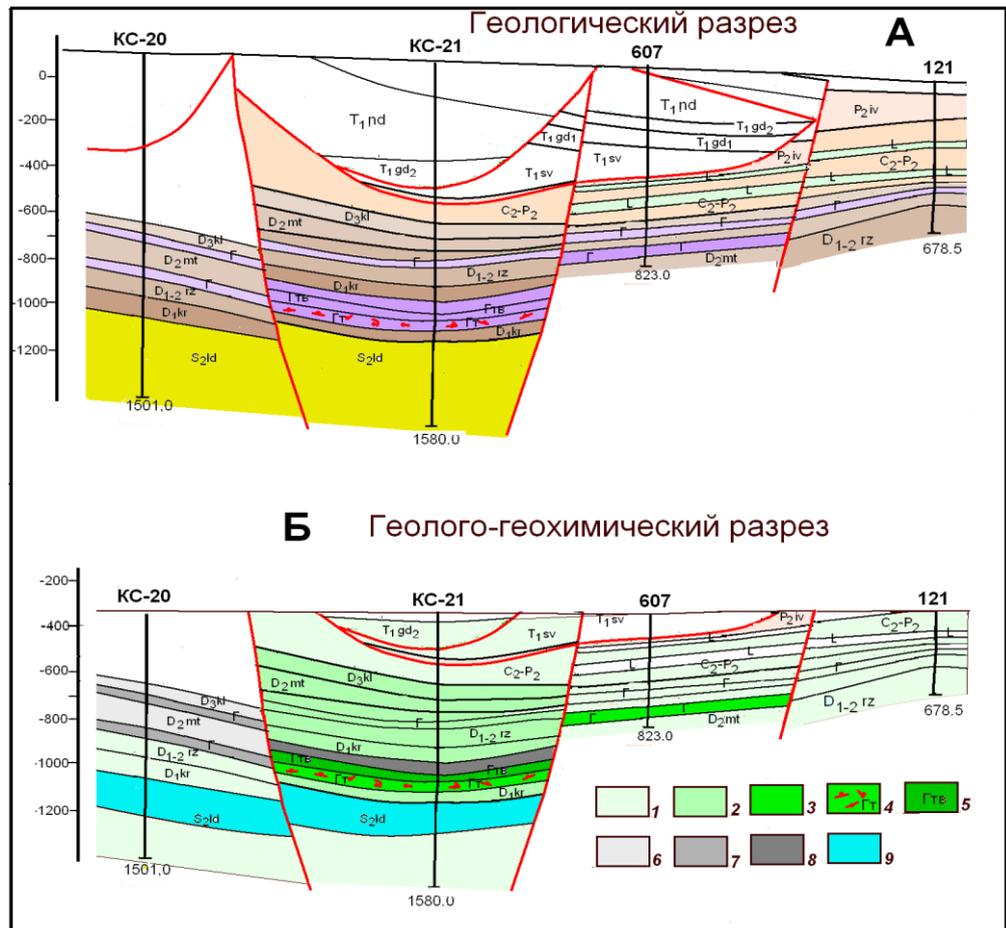


Рис. 5.12. Зональность юго-западной краевой зоны Хараелахского интрузива (Мирошникова Л.К., 2012): А – Геологический разрез (условные обозначения на рис. 4.8); Б – Геолого-геохимический разрез: 1 – 5 медно-никелевый ореол: 1 – область с фоновыми содержаниями в сульфидосодержащих (преобладает пирит) породах тунгусской серии и девона - $1.2\text{Ni} - 1.2\text{Cu} - 1.0\text{Mo}$, 2 – зона рассеянной минерализации $2.8\text{Ni} - 2.4\text{Cu} - 2.0\text{Cr} - 1.7\text{Co}$, 3 – аномалия в силе габбродолерита $5.2\text{Ni} - 2.3\text{Cu} - 1.8\text{Cr} - 1.5\text{Mo} - 1.3\text{Co}$; 4 – 5 – аномалии в такситовидных габбродолеритах содержащих хромитовые обособления: 4 - $22\text{Ni} - 19.0\text{Cr} - 4.8\text{Cu} - 3.7\text{Co} - 1.6\text{Mo} - 1.6\text{Ti}$; 5 – аномалия в верхнем горизонте такситовых габбродолеритов; 6 – 8 – ореол титана: 6 – область фоновых содержаний в породах с пиритовой минерализацией: $1.1\text{Ti} - 1.0\text{Co} - 0.9\text{Ni}$, 7 – 8 – аномалии титана в породах с пиритовой и магнетитовой минерализацией: 7 - $3.1\text{Ti} - 1.6\text{Co} - 1.4\text{V} - 1.4\text{Mo} - 1.4\text{Ba} - 1.0\text{Cu}$, 8 - $5.5\text{Ti} - 2.9\text{Cu} - 2.5\text{Ni} - 2.1\text{Ba} - 1.6\text{Cr} - 1.6\text{Co} - 1.6\text{V}$; 9 – аномалия в породах лудловской свиты с барито-целестиновой минерализацией - $6.7\text{Sr} - 1.3\text{Cu} - 1.3\text{Ba} - 1.1\text{Ni}$

Пиритовые густовкрапленные тела локализованы в зонах тектонических нарушений, в бортовых зонах интрузива и, реже, в зонах скарнированных пород и скарнов и имеют широкое площадное распространение (от 200 до 500 м). Магнетитовые густовкрапленные залежи развиты локально и приурочены к зоне расщепления интрузивного тела. Вдоль зоны выклинивания халькопирит-пирротинового оруденения в телах апофиз, осложненных тектоническими нарушениями преобла-

дает халькопирит-пирротин-магнетитовая (до 60%) минерализация. Геохимическая зональность ореола краевой зоны определяется сочетанием ореолов специализированных на титан и медь-никель (см. рис. 5.7, 5.11, 5.12). Геохимические аномалии титана маркируют, силлы сложенные лейкогаббро, оливинсодержащими габбро-долеритами, габбро-диоритами, магнетитовыми габбродолеритами с магнетитовой и пирит-магнетитовой минерализацией непосредственно в зоне расщепления главного интрузивного тела. В геохимических ассоциациях аномалий титана отмечаются аномальные концентрации меди и никеля. По мере удаления от главного тела интрузива в направлении выклинивания тел апофиз аномалии сменяются зоной рассеянной минерализации затем областью с фоновыми содержаниями Ti и Co. Силлы сложенные оливиновыми, оливинсодержащими габбродолеритами, которые простираются вдоль осевой линии рудоносного интрузива (условно определена как внутренняя зона), с непромышленной сульфидной минерализацией халькопирит-пирротинового состава фиксируются ореолами Cu-Ni (см. рис. 5.7, 5.11, 5.12). Состав геохимических ассоциаций ореолов краевой зоны приведен в таблице 5.1.

В западной краевой зоне Хараелахского интрузива (рис. 5.13) ореолы титана менее контрастны. В измененных габбродолеритах с пиритовой (никель- и кобальт-содержащий пирит) и пирротин – магнетит - пиритовой минерализацией отмечены аномалии Co – Ni. В силлах оливиновых габбродолеритов с пирротин - халькопиритовой минерализацией выделяются зоны рассеянной минерализации $1.5\text{Cu} - 1.3\text{Ni} - 1.4\text{Co}$. Установление пространственного соответствия аномалий титана с зонами развития магнетитовой минерализации имеет поисковое значение, поскольку присутствие магнетитового оруденения является одним из признаков на медно-никелевые руды, так как только в районе рудоносных массивов месторождений магнетит присутствует в полифациальных зонах околоинтрузивных изменений (Дюжиков О.А, и др., 1988, с. 194; Юдина, В. В., 1974, с. 119-120). Выделение аномалий Ti, минеральной основой которых является халькопирит-пирротин-

магнетитовая ассоциация, является крайне важной, так как магнетит в данном типе руд в отдельных случаях содержит Pt до 7.24 г/т (табл. 5.2).

Таблица 5.1

Состав геохимических ассоциаций ореолов юго-восточной и южной частей краевой зоны

Структура ГХП	Геохимическая ассоциация, ее формула		Название породы	Минералогический состав габбродолеритов
	элемент	Кк		
Титановый геохимический тип аномалий				
Недифференцированные интрузии; горизонты габбро лейкократового, габбро-диоритов Харалахского интрузива.				
Поле концентрирования [аномалия]	Ti	3.1	Габбро-лейкократовое, габбро-диориты	<i>Pl</i> (65-90%), <i>Cpx</i> (5-30%), <i>Oi</i> (0-10%), палагонит (3-35%), минералы группы шпинели (1-20%), <i>Bi</i> (10%), <i>Ap</i> (5%), <i>Amf</i> (7%), редко <i>Qu</i> , <i>Ilm</i> , <i>Sf</i> , <i>Srp</i> , <i>Chl</i> , <i>Ca</i> , цеолит, пренит. <i>Cpx</i> – $Wo_{45-47} En_{43-41} Fs_{12-23}$; <i>Pl</i> – $Ab_{22} An_{79-78}$ и $Ab_{37-39} Or_1 An_{62-60}$. Содержание TiO_2 до 3,0 мас. %. <i>Cu</i> – 0,1, <i>Co</i> – 0,003, <i>Ni</i> –0,1 вес.%. Рудные минералы представлены в основном <i>Timt</i> , <i>Pyr</i> , <i>Po</i> . (скв. КЗ-471, КЗ-1104).
	Co	1.6		
	V	1.4		
	Mo	1.4		
	Ba	1.4		
	Cu	1.0		
	Zr	0.8		
	Cr	0.8		
	Ni	0.8		
	Mn	0.8		
	[Sr, Zn, Sc, Y, Yb]			
Апофизы Харалахского интрузива в зоне расщепления главного интрузивного тела (осевая зона интрузива)				
Поле концентрирования [аномалия]	Ti	7,4	Магнетитовое габбро	Рудные минералы <i>Ilm</i> , <i>Mt</i> и <i>Timt</i> (до 50%), <i>Cr</i> , <i>Po</i> . Отмечаются включения магнезиальных скарнов, гранатов, хромшпинелидов (содержат TiO_2 до 3,2 мас. %). Магнезиальные скарны из обособлений представлены шпинель - монтичеллитовой породой, в монтичеллите TiO_2 до 3,62 мас. %, в <i>Timt</i> – 8,34 мас. %. Содержание <i>Cu</i> –0,87, <i>Co</i> – 0,008, <i>Ni</i> – 0,154 вес.% (скв. КС-21)
	Cu	7		
	Ni	6		
	Cr	2,3		
	Zn	2		
	Co	1,6	Габбро-диориты	<i>Pl</i> – $Ab_{50-70} Or_{2-4} An_{48-26}$ и $Ab_{98-100} Or_{0-2}$, калишпат, <i>Cpx</i> – $Wo_{40-35} En_{46-41} Fs_{13-23}$ (10-15%), <i>Amf</i> (3-20%), палагонит (10-30%), пренит, <i>Bi</i> , <i>Sf</i> , <i>Ca</i> , <i>Ilm</i> , <i>Timt</i> . Содержание <i>Cu</i> –0,25, <i>Co</i> – 0,004, <i>Ni</i> – 0,23 вес.%. (скв. КС-20).
	Ti	5,5		
	Cu	2,9		
	Ni	2,5		
	Ba	2,1		
	Cr	1,6		
	Co	1,6		
	V	1,6		
	Mn	1,2		
	Mo	1,2		
Zr	1,1	Безоливиновые и кварцосодержащие габбродолериты	<i>Pl</i> (40-65%) – Ab_{79-48} , калишпат, <i>Cpx</i> – $Wo_{41-44} En_{49-41} Fs_{10-16}$ (10-40%), <i>Oi</i> (0-10%), <i>Qu</i> , <i>Amf</i> (0-3%), палагонит (3-10%), пренит, <i>Bi</i> , <i>Sf</i> , <i>Ca</i> ; <i>Ilm</i> и <i>Timt</i> (до 15%). TiO_2 – 1,74 вес.%. Содержание <i>Cu</i> –0,12, <i>Co</i> – 0,003, <i>Ni</i> – 0,23 вес.%. (скв. КС-20).	
Ga	1,1			
Sr	0,9			
[Pb, Zn]				
Апофизы Харалахского интрузива на удалении от осевой зоны интрузивного тела				
Поле рассеяния [фон]	Ti	1,1	Лейкократового габбро	<i>Pl</i> (65 – 90%) и <i>Cpx</i> (5 – 30%): <i>Cpx</i> - $Wo_{45-47} En_{43-41} Fs_{12-23}$, $Wo_{39} En_{45} Fs_{16}$ и амфибол. Плагноклаз представлен битовнитом и лабрадором. В переменных количествах наблюдаются: палагонит, оливин, хромшпинелиды, биотит, апатит. (скв. КС-20).
	Co	1,0		
	Ni	0,9		
	Zr	0,9		
	Mn	0,8		
	[Ba, V, Cr, Cu, Sr, Zn, Mo, V]			

продолжение таблицы 5.1

1	2	3	4	5
Апофизы Хараелахского интрузива на удалении от осевой линии интрузивного тела				
Поле рассеяния [фон]	Ti	1,1	Габбро-диориты	<i>Pl</i> – $Ab_{50-70} Or_{2-4} An_{48-26}$ и $Ab_{98-100} Or_{0-2}$, калишпат, <i>Cpx</i> – $Wo_{40-35} En_{46-41} Fs_{13-23}$ (10-15%), <i>Amf</i> (3-20%), палагонит (10-30%), пренит, <i>Bi, Sf, Ca, Ilm, Timt</i> .
	Co	1		
	Ni	0,9		
	Zr	0,9	Безоливиновые кварцсодержащие габбродолериты	<i>Pl</i> (40-65%) – Ab_{79-48} , калишпат, <i>Cpx</i> – $Wo_{41-44} En_{49-41} Fs_{10-16}$ (10-40%), <i>Ol</i> (0-10%), <i>Qu, Amf</i> (0-3%), палагонит (3-10%), пренит, <i>Bi, Sf, Ca; Ilm</i> и <i>Timt</i> (до 15%). TiO_2 – 1.33 – 3.0 ppm (скв. КЗ-471, КЗ-1104)
	Mn	0,8		
	[Ba, V, Cr, Cu, Sr, Zn, Mo, V]			
Медно-никелевый геохимический тип аномалий				
Апофизы габбродолеритов оливинсодержащих с сульфидной минерализацией (внутренняя зона)				
Поле рассеяния [зона рассеянной минерализации]	Ni	2,8	Габбродолериты оливинсодержащие с сульфидной минерализацией и ее контактовый ореол морфометасоматических пород	Контактный ореол. Спуррит-мервенитовая фация: <i>Mul+Cor+Pl+Qu+Mt</i> ; гидротермалиты представлены альбитом, кварцем, цеолитом и кальцитом. Рудные минералы: <i>Cp, Po, Mt, Ilm, Pyr</i> (до 8%). Содержит включения гибриднометасоматических пород: <i>Bi-Amf-Ab</i> и магнетитовых скарнов (скв. 607, 121). Содержание Cu – 0,23, Co – 0,004, Ni – 0,27 вес.%. (скв. КЗ-134)
	Cu	2,4		
	Cr	2		
	Co	1,7		
	Zn	1		
	Mn	1		
	V	1		
	Ga	1		
	Ba	1		
	Mo	0,8		
	Zr	0,8		
	Ti	0,8		
[Sr, Pb]				
Апофизы габбродолеритов оливинсодержащих и оливиновых Хараелахского интрузива (внешняя зона)				
Поле рассеяния [фон]	Ni	1,2	Оливинсодержащие габбродолериты	<i>Pl</i> – An_{79-48} (48-50%), <i>Cpx</i> – $Wo_{41-44} En_{49-42} Fs_{10-16}$ (10-40%), <i>Ol</i> – Fa_{36-18} (0-5%), <i>Qu</i> (0-1,5%), <i>Timt</i> и <i>Ilm</i> (9-15%), палагонит (3 – 10%), <i>Fsp</i> (0-1,5%), <i>Amf</i> (0-3%), <i>Bi, Chl</i> . (скв. КС-19, КЗ-1103, КЗ-607, КЗ-121).
	Cu	1,2		
	Co	1,1		
	Cr	0,94		
	Mn	0,9	Оливиновый габбродолерит	<i>Pl</i> – $Ab_{13-24} Ort_1 An_{87-76}$ (30-75%), <i>Cpx</i> – $Wo_{37-43} En_{45-47} Fs_{10-17}$ (10-40%), <i>Ol</i> – Fa_{25-35} (5-18%), <i>Timt, Ilm</i> и сульфидов (1-0%). Незначительное количество: <i>Orx, Bi, Ap, Sf, Chl, Serp</i> , пренита, боулингита, зерен хромшпинелида (скв. 607, 121). Содержание Cu – 0,2, Co – 0,004, Ni – 0,1 вес.%. (скв. КС-19, КЗ-1103, КЗ-607, КЗ-121)
	Zn	0,8		
	Ti	0,8		
	[Ba, Zr, Mo, V, Sr]			

Примечание: *Act* – актинолит; *Ab* – альбит; *Amf* – амфибол; *An* – анортит; *Bi* – биотит; *Ca* – кальцит; *Chl* – хлорит; *Cor* – кордиерит; *Cpx* – клинопироксен; *Ep* – эпидот; *Fo* – форстерит; *Fsp* – калиевый полевой шпат; *Gal* – галенит; *Hbl* – роговая обманка; *Hem* – гематит; *Mt* – магнетит; *Orx* – ортопироксен; *Ort* – ортоклаз; *Phl* – флогопит; *Pl* – плагиоклаз; *Per* – периклаз; *Pyr* – пирит; *Qu* – кварц; *Sf* – сфен; *Sfal* – сфалерит; *Spr* – спуррит; *Shp* – шпинель; *Srp* – серпентин; *Timt* – титаномагнетит; *Zir* – циркон; *Wo* – волластонит. В квадратных скобках указаны элементы «зоны выноса» геохимических ассоциаций

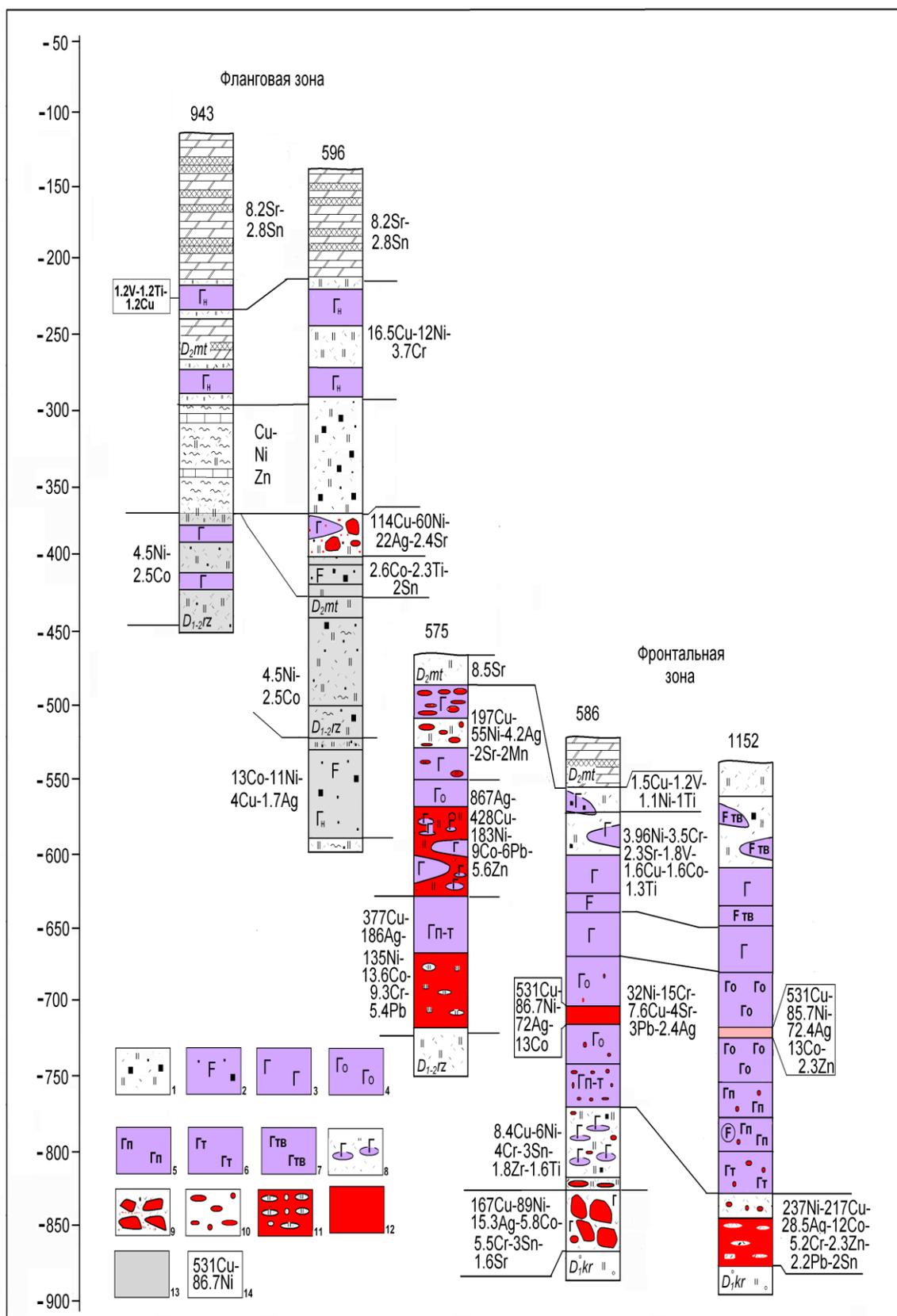


Рис. 5.13. Геохимическая зональность Хараелахского интрузива (Мирошникова Л.К., 2015): 1 - роговики с вкрапленностью пирита; 2 – 7 – габбродолериты Хараелахского интрузива: 2 - лейкогаббро с вкрапленностью пирита; 3 - безоливиновые и оливинодержащие; 4 – оливиновые; 5 – пикритовые; 6 – такситовые; 7 – такситовидные; 8 – роговики с ксенолитами габбродолеритов; 9 – рудная брекчия; 10 - вкрапленные руды; 11 – сплошные руды с ксенолитами роговики и габбродолеритов; 12 – сплошные руды; 13 – вкрапленность пиритовая, пирит-пирротиновая с магнетитом; 14 – формула геохимической ассоциации, цифрами указаны коэффициенты концентрации

Таблица 5.2

**Содержание платиновых металлов в некоторых мономинеральных
фракциях рудных минералов**

Руды	Минерал	Кол-во анализо в	Содержание, г/т					Pd/Pt
			Pt	Pd	Rh	Ru	Au	
Сплошные, экзоконтакто вые	Пирротин	3	1,15	10,4	2,4	0,33	0,065	9,04
	Халькопири	7	1,1	4,4	0,15	-	0,38	4,0
	Магнетит	3	7,24	0,88	0,15	0,07	0,21	0,12
	Кубанит	1	2,0	12,0	0,20	-	0,33	6,0
	Пирит	1	0,023	0,32	0,022	-	0,017	13,9

Главная (осевая) зона характеризуется хонолитообразной морфологией в плане, желобовидным сечением интрузивного тела, где оно наиболее дифференцировано. Обнаружение в полнодифференцированных интрузивах осевой зоны во фронтальной части является главной целью поисковых работ, так как именно эти части интрузий норильского типа обладают максимальной рудоносностью. В осевой зоне западной фронтальной части выделены аномалии Cu – Ag – Ni ($KK_{Cu} = 653$, $KK_{Ag} = 640$, $KK_{Ni} = 183$) или Ag – Cu – Ni ($KK_{Ag} = 867$) (халькопиритовая, моихукитовая, талнахитовая, кубанитовая минерализация) с экстремально высокими для месторождения концентрациями Ag, Cu, Ni, Co (см. рис. 5.7).

Выводы (Третье защищаемое положение). Выявлены главные особенности геолого-геохимического строения и состава геохимических полей рудоносного интрузива в различных его сечениях: тыловая зона (вкрапленность пирита) фиксируется ГХА V-Cr-Co-Ti-Ni; центральная (вкрапленные руды) – Ni – Cu; фронтальная зона ой (сплошные руды) – выделены интенсивные геохимические поля концентрирования Cu-Ni-Ag-Co; краевая зона (пирит-магнетитовое орудование) маркируется ГХА Co - Ni и Ti – Co, за пределами месторождения выделены ГХА V – Ti - Zn и Ti – V – Zn ассоциации. Выделенные аномалии, в совокупности определяют структурно-геохимическую модель рудного узла и месторождений. В рудном узле установлена отмечена концентрическая зональность относительно центральной зоны, где присутствуют только вкрапленные руды.

Глава 6. Геохимическое выражение структурно-тектонических условий локализации месторождений Талнахской рудно-магматической системы

Структурно-тектонические условия Талнахского рудного узла написаны с привлечением опубликованных материалов Тарасов А.В (1971, 1983), Струнина Б. М. (1994), Додина Д. А. (2002), Кравцова В. Ф., Седых Ю. Н. (1971, 1973).

Месторождения Норильского промышленного района связаны с внутриконтинентальным рифтогенезом и располагаются в краевой (шовной) структуре северо-запада Сибирской платформы. Норильский геоблок является структурой повышенной динамической активности, отделяемую разломами (линиаментами) от Западно-Сибирской плиты на западе и Тунгусской синеклизы на востоке. В мезозое в пределах геоблока развился Норильско-Хараелахский прогиб, составной частью которого является одноименный малый рифтовый трог, который в современных условиях картируется как желобообразный прогиб, ограниченный листрическими сбросами. В результате смены режима растяжения на режим сжатия, прогиб был осложнен поперечными антиклиналями на серию более мелких впадин и мульд (Норильская, Хараелахская, Сыверминская, Иконская, Вологочанская мульды). В данных структурах второго порядка, расположены рудные районы. Практически все месторождения и наиболее значимые рудопроявления Норильского района приурочены к бортам “высоких” валов и антиклиналей, в частности Норильский, Талнахский и Вологочанский рудные узлы располагаются в бортах Пясинского куполовидного поднятия, Тальминский рудный узел в борту Самоедского вала, Имангдинский, Хантайско – Рыбнинского вала.

Рудные узлы, расположенные в пределах этих мульд являются структурными аномалиями. Н.К. Булиным и А.В. Егоркиным (Булин Н.К., Егоркин А.В. Среднекоровые аномалии параметра V_p/V_s и их металлогеническое значение. 1994. с. 16-20) была установлена стохастическая связь между местоположением аномалий параметров V_p/V_s (отношение скоростей поперечных и

продольных волн) в земной коре и рудных узлов или отдельных месторождений полезных ископаемых. В Норильском районе все крупные месторождения приурочены к среднекоревой аномалии с высокими значениями V_p/V_s (1,82-1,92 км/с) (Булин Н.К., Егоркин А.В. Среднекоревые аномалии параметра V_p/V_s и их металлогеническое значение, 1994, с. 16-20) (рис.6.1).

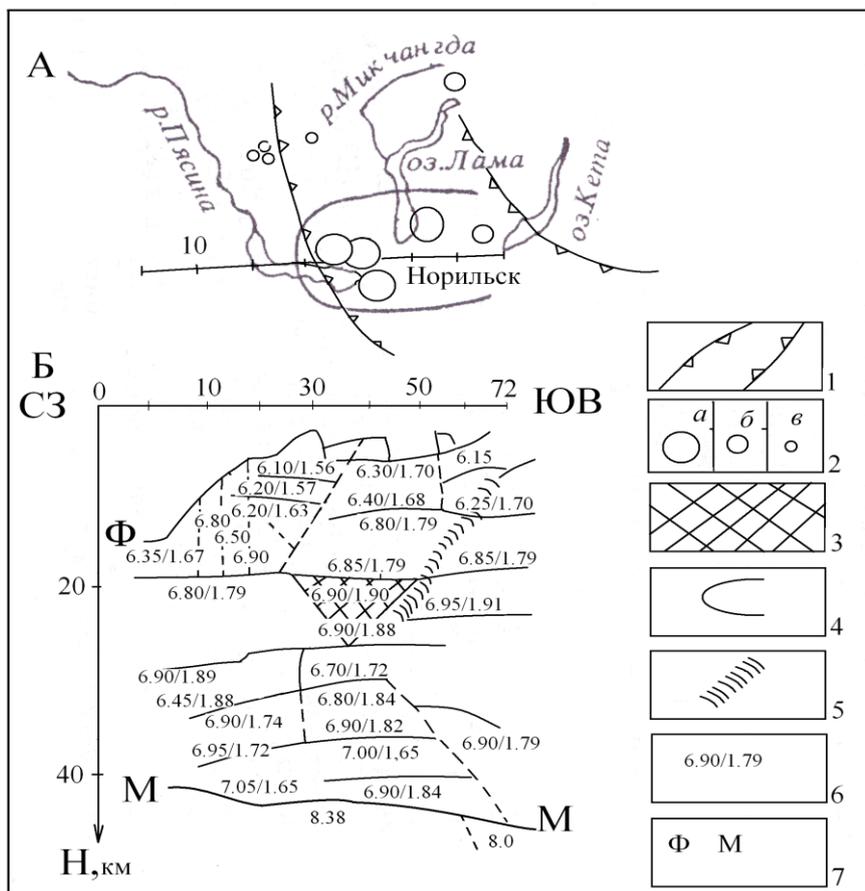


Рис. 6.1. Глубинный контроль эндогенного медно-никелевого оруденения по аномальным параметрам V_p/V_s в среднекоревом слое (по М.К. Булину, А.В. Егоркину, 1994): А – схема расположения месторождений Норильского района: 1 – Нижнеенисейская металлогеническая зона (Ni, Cu, Co, Cu, Pt); 2 – а - крупные месторождения норильского и талнахского рудных узлов; б - Имангдинское месторождение; в – рудопроявления; Б – профиль многоволнового глубинного сейсмического зондирования оз. Пясино – оз. Кета на северо-западе Сибирской платформы: 3 – блок с повышенными значениями параметра V_p/V_s в верхней части среднекорового слоя; 4 – примерные контуры проекции на земную поверхность Норильского среднекорового блока с высокими значениями V_p/V_s (1.86 – 1.92); 5 – предполагаемые разрывные нарушения; б – значения пластовой скорости V_p продольных сейсмических волн, км/с (числитель), отношение V_p/V_s (знаменатель); 7 - Ф – поверхность фундамента; М - граница Мохоровича

Сформировавшийся среднекоревый геоблок геометрически имеет вид конуса, обращенного основанием к поверхности и ограниченного по граням тектоническими нарушениями. Внутренняя структура геоблока в целом и его

проекции на поверхность описаны рядом исследователей (Иванова Т.И., Иванов М.К., Ленкин Д.В. Модели тектономагматических структур трапповых полей северо-запада Сибирской платформы 1990, с. 28-33). По их мнению, рудные тела приурочены к вихревым тектономагматическим структурам, развитым в пределах трапповых полей. Осевые зоны крупных тектоно-магматических структур формируются на пересечениях региональных глубинных разломов и являются областями максимальной проницаемости. По оперяющим их коническим трещинам в условиях общего растяжения происходит подъем жидкой магмы к поверхности. В целом структура представляет собой ряд вложенных друг в друга конусовидных тел с наиболее опущенным центральным конусом. На поверхности трещинная структура имеет форму спирали и осложнена массой дочерних форм. В спирально-винтовых геодинамических системах концентрируются и локализуются дифференцированные интрузии, которые образуют рудные узлы (рис. 6.2).

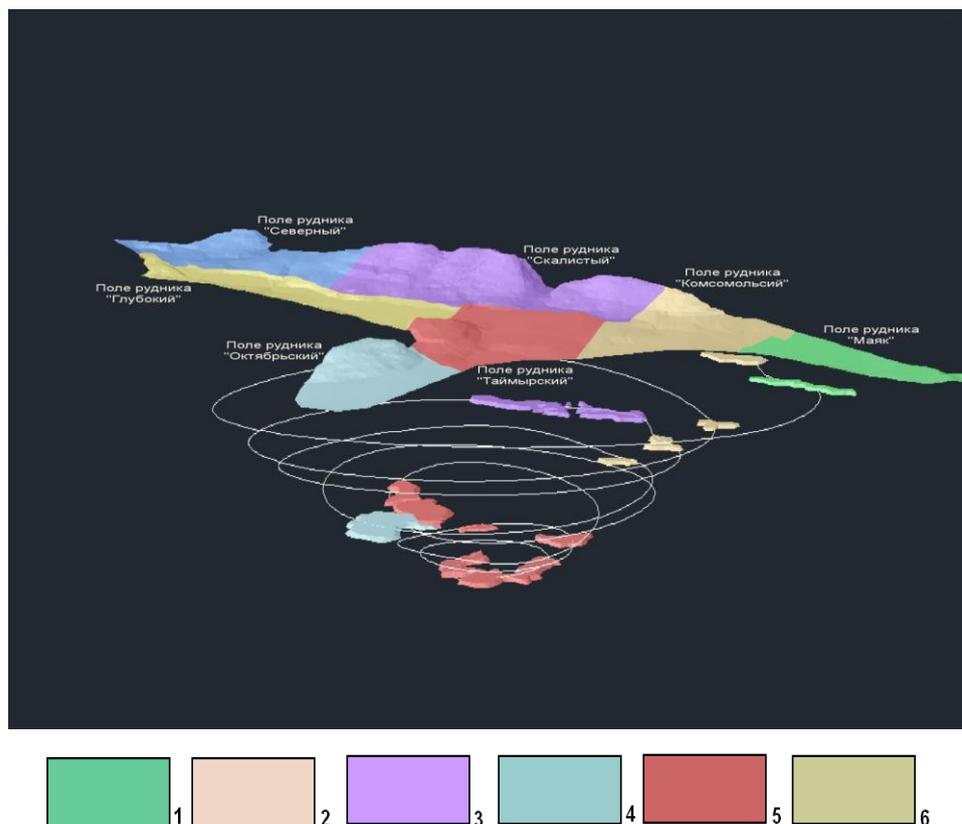


Рис. 6.2. Интерпретация тектонических структур спирально-винтовой системы и расположение рудных тел месторождений Талнахского рудного узла (Мирошникова Л.К., Волков Н.А., Тазеев И. И., 2013): 1- 5 – поля шахт и рудников: 1- «Маяк»; 2 - «Комсомольская», 3 – «Скалистая»; 4 - «Октябрьская»; 5 - «Таймырский»; 6 - «Глубокий»

Данная модель соответствует расположению рудных тел в геологическом разрезе ТРУ (рис. 6.3).

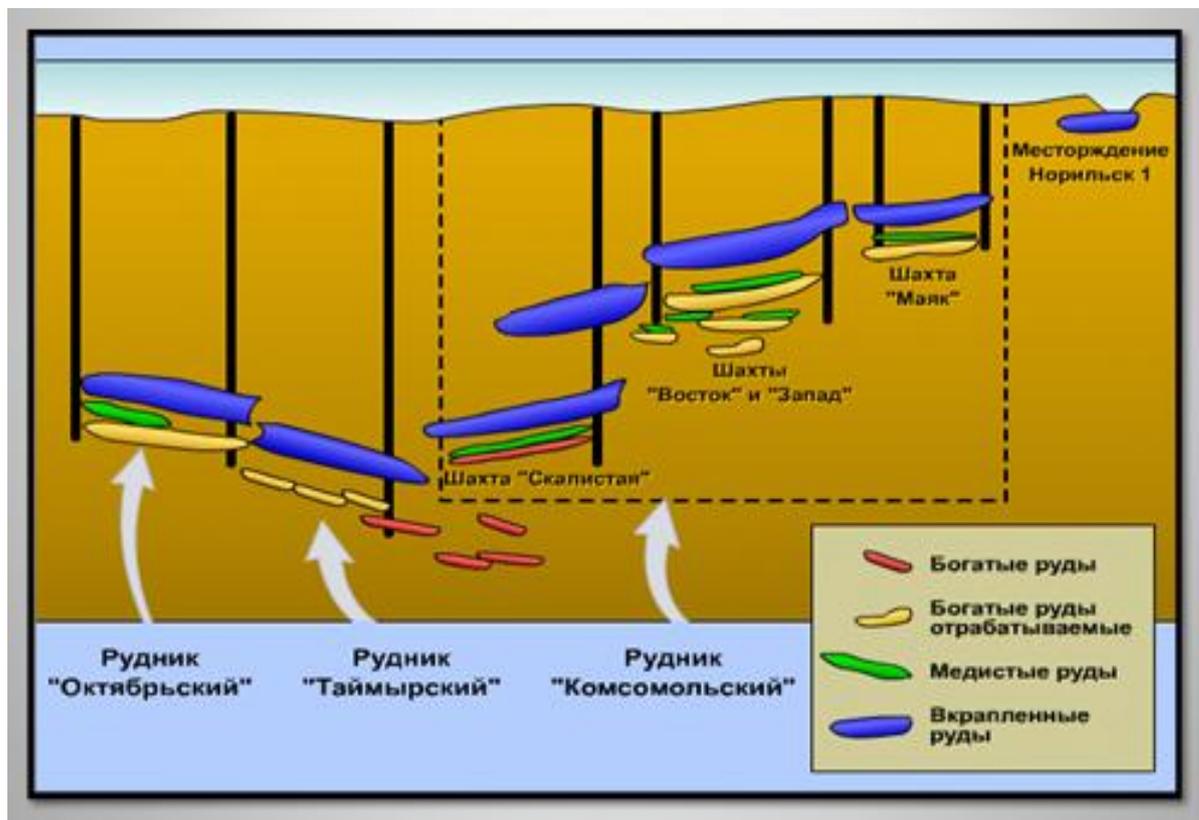


Рис. 6.3. Схематический разрез расположения рудных тел месторождений Норильского района (по данным рудничных геологов ПО «Норильскгеология»)

6.1. Структурно-тектонические условия Талнахского рудного узла

Талнахский рудный узел располагается в центральной части Норильско-Хараелахского прогиба в зоне сочленения юго-западной части Хараелахской мульды и Каеркан-Пясинской (Пясинское поднятие) антиклинали. Предполагалось, что на территории Пясинского куполообразного поднятия находится Норильско - Талнахский вулкан (Маслов, Г.Д., 1963; Тарасов А.В., 1971, 1983; Иванова, Т. И., 1990). По результатам бурения скважин глубиной до 3000 м нигде не обнаружено вулканической постройки – вертикальных корней уходящих в мантию. Согласно предложенной Радько В.А. гипотезе, борта Пясинского поднятия представляют собой магмоактивную зону, то есть вулканоструктуру с рассеянной и смещенной в сторону центров окружающих мульд корневой

системой, представленной множеством коротких вертикальных даек долеритов, типичных для ареального магматизма (Радько, В. А. Модель динамической дифференциации интрузивных траппов северо-запада Сибирской платформы 1991, с. 19 –26). К Пясинскому куполовидному поднятию по радиалам сходятся фронтальные части Горстроевской, Норильск 1, Зубовской, Вологочанской, Хараелахской и Талнахской интрузий (рис. 6.4).

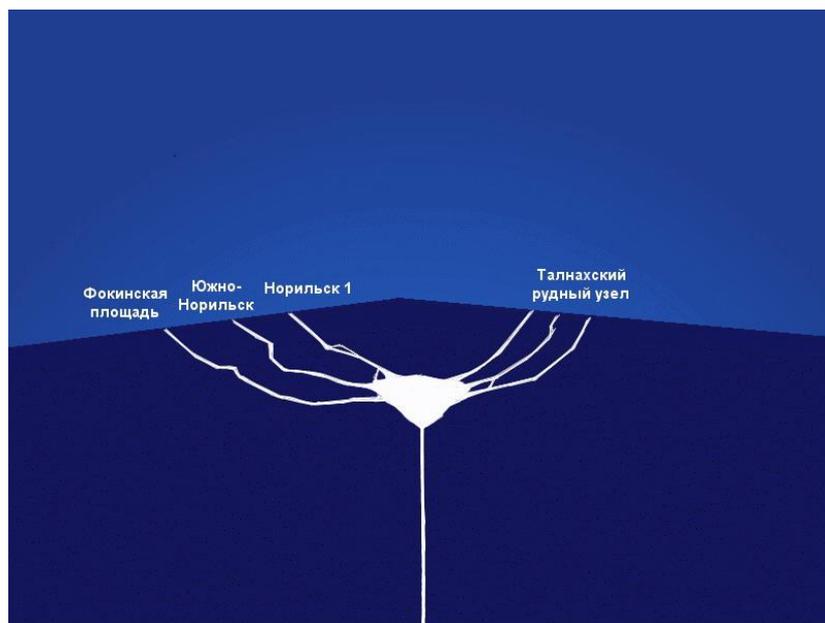


Рис. 6.4. Модель развития магматической системы центральной части Норильского района (Мирошникова Л.К., Волков Н.А., 2013, с. 252-256)

Роль вулканотектонических депрессий выполняют Норильская и Хараелахская мульды, размеры которых весьма близки и в среднем составляют 100 км в поперечнике.

Норильско-Хараелахский разлом является разломом глубокого заложения долгоживущим, мантийная природа которого установлена глубинным сейсмическим зондированием. Трассируется в приосевой части прогиба (Талнахская синклиналь) в север-северо-восточном направлении на протяжении сотен километров. Главный тектонический шов разлома, представляет собой зону мелонитизации и брекчирования шириной до 100 м. Падение зоны нарушения в базальтах на запад под углом 70 - 85°. В пределах Хараелахской мульды происхо-

дит виргация разлома в виде самостоятельных оперяющих разрывов (Тангара-лахский и Осевой - Дьянгинский) (рис.6.5).

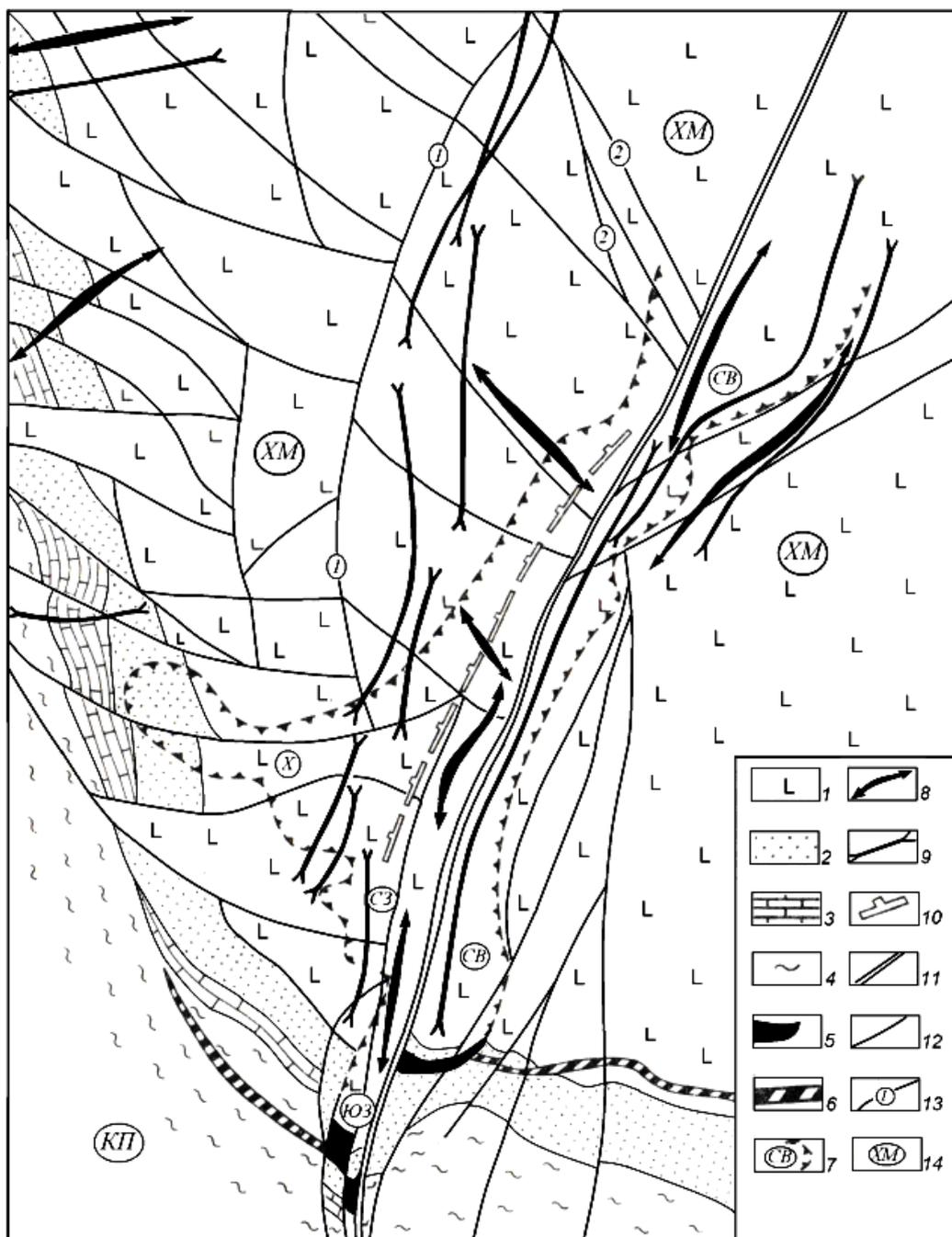


Рис. 6.5. Геолого-структурная схема Талнахского рудного узла (по В.Ф. Кравцову, Л.М. Шадрину, 1974): 1 – вулканогенные образования верхней перми - среднего триаса; 2- терригенные угленосные отложения среднего карбона - верхней перми; 3 – карбонатные отложения верхнего девона; 4 – карбонатные и сульфатно-карбонатные отложения среднего - нижнего девона; 5 – выходы под четвертичные отложения Талнахского интрузива; 6 – апофизы Талнахского интрузива; 7 – границы ветвей Талнахского интрузива на глубине: Северо-Восточная (СВ), Юго-Западная (ЮЗ), Северо-Западная (СЗ), Хараелахская (Х); 8, 9 – оси структур: 8 – антиклинальных, 9 – синклинальных; 10 – флексурная складка; 11 – Главный шов Норильско-Хараелахского разлома; 12 – дизъюнктивные нарушения; 13 – зоны крупных дизъюнктивных структур (цифры в кружках: 1 – осевой разлом, 2- зона северо-западных сбросов); 14 – главные пликативные структуры: Хараелахская мулда (Х), Кайеркан-Пясинская антиклиналь (КП)

Оперяющие разлом нарушения могут быть отнесены к структурным элементам второго и более высоких порядков. Выделяются доинтрузивные, дорудные, внутрирудные и послерудные нарушения. Большое значение в распределении руд имеют пологие сдвиговые нарушения, проходящие в областях нижних контактов дифференцированных интрузий с вмещающими породами. Трещины и трещинные зоны являются характерными для всех месторождений структурными элементами и активно участвуют в размещении сульфидных руд в дифференцированных интрузиях и зонах экзоконтакта, а также играют важную роль в формировании полостей для различного рода инъекций. Большинство трещин развивается однопланово с разрывными нарушениями. Эти структурные элементы наследуют друг друга или развиваются одновременно. Унаследованное развитие трещин, или же, как и разрывных нарушений, приводит к формированию сложноминерализованных рудных тел [122, с. 150-153].

К наиболее контрастным складчатым нарушениям относится узкая гребневидная антиклиналь (шовная антиклиналь по В. Ф. Кравцову), установленная в зоне разлома, в присводовой части которой размещен факолит Нижнеталнахской интрузии, мощностью до 400 м. Складка объединяет несколько мелких антиклиналей суммарной длиной около 5 км (см. рис. 6.5). Ее восточные и, в меньшей степени, западные крылья осложнены многочисленными разрывными нарушениями, а также складками нагнетания и волочения. Более спокойное строение имеет пологая синклиналеморфная складка, примыкающая к разлому с востока. В ее ядре локализована северо-восточная залежь Талнахского интрузива.

Опущено западное крыло, но в связи с наличием оперяющих сбросов (взбросов) суммарная амплитуда его меняется от 100 – 120 м в южной части Талнахского рудного узла до 350 – 400 м в центральной, а на некоторых участках внутренней части мульды вертикальное смещение в вулканитах вообще не улавливается. В 300 – 600 м западнее шва прослеживается серия сбросов, наклонных в сторону Главного шва под углами 40 - 60° субмеридионального на-

правления (Западные сбросы). В районе Талнахского рудного узла они образуют грабен с амплитудой опускания до 300 м. Сбросы и грабенообразные структуры в зоне разлома рассматриваются как нарушения заключительной стадии формирования Талнахского рудного узла.

Горизонтальные перемещения в пределах Талнахского рудного узла весьма отчетливо проявлены в его крайней южной части, где по линии Главного тектонического шва разлома контактируют блоки пород с разноамплитудными стратиграфическими несогласиями. Горизонтальная амплитуда сдвига по верхнему девону составляет 1,5-2 км, по нижнему - 2,5-3 км, что указывает на его длительное формирование. Вертикальная амплитуда достигает 300-400 м. Сдвиг поперечный, левосторонний, смещено западное крыло. Важными признаками сдвиговой природы Норильско-Хараелахского разлома являются его прямолинейность, крутое падение плоскости сместителя, ориентировка борозд скольжения под углами 0-45° к горизонту, сопряженные с ним складки и надвиги, а также четко фиксируемые субгоризонтальные перемещения блоков базальтов. Кроме пликативных и дизъюнктивных нарушений установлены также многочисленные инъекционные дислокации. К ним относятся соляные штоки, наблюдаемые в горных выработках рудника «Комсомольский», «инъекции» ангидритов и гипсов не только в разрезе девона, но и в тунгусских отложениях, пластическое течение чистых карбонатных разностей известняков каларгонской свиты, а также явления реоморфизма, вызванные внедрением и становлением интрузива.

Степень дислоцированности нарастает от нижних структурных этажей к верхним. В этом направлении увеличивается амплитуда пликативных и дизъюнктивных дислокаций, а также наблюдается смена пластических деформаций разрывными структурами. Расположение ветвей рудоносных интрузивов Талнахского рудного узла обусловлено размещением пликативных и дизъюнктивных структур.

6.2. Геохимическое выражение рудоконтролирующих и рудовмещающих структур

Как было отмечено выше, структурная позиция рудного узла определяется приуроченностью его к центриклинальному замыканию раннемезозойской брахисинклинальной складке (Хараелахская мульда), наложенной на палеозойскую структуру зон глубинных разломов. Внешними структурными ограничениями рудных узлов, являются поднятые крылья предтунгусских флексур и осевые линии антиклиналей, поперечные к простиранию зон глубинных разломов (Г.Д. Маслов, 1963, В.А. Люлько, Ю.Н. Амосов, 1973ф, 1975ф). Талнахский рудный узел уникален в связи с тектоническими условиями, благоприятствовавшими выводу к поверхности отликвировавшей на глубине сульфидной жидкости и становлению рудоносных интрузивов. Согласно Г.Д. Маслову, В.А. Люлько и др., к числу главных признаков таких условий относится наличие магмоконтролирующих разломов ССВ или СВ простирания и поперечных поднятий (или поперечных разломов).

Геохимическая зональность линейного вида обусловлена пространственной ориентировкой разломов, как глубокого заложения, так и оперяющих их разрывных нарушений более мелкого порядка (рис. 6.6). Геохимические ореолы Норильско-Хараелахского разлома образуют прямолинейные зоны северо-восточного простирания и наблюдаются во всех изученных горизонтах осадочной толщи платформенного чехла (нижний девон – нижняя пермь). Зоны тектонических швов выполнены метасоматическими брекчиями, в которых обломки сложены карбонатизированными апобазальтовыми, аподолеритовыми, апопесчаниковыми кварц-полевошпатовыми и существенно полевошпатовыми метасоматитами, сцементированными кальцитом, включающим кристаллы кварца и вкрапленность пирита, халькопирита, галенита и сфалерита. Породы в значительной мере скарнированы (преобладают кальцит-скаполитовые и альбит-скаполитовые скарны, иттриеносные альбиты). Иттриеносные альбиты, сопряженные по времени с формированием катаклазитов и миллонитов в зонах раз-

ломов, и грейзениты фиксируются аномалиями Y, Yb, Mo и Be [Турувцев Д.М., 1982, 1986; Мирошникова Л.К., 2013; с. 28; 15] (см. рис. 6.6, табл. 2.7, 2.8, Приложение 11, рис. 2; Приложения 14-17, рис. 5-8).

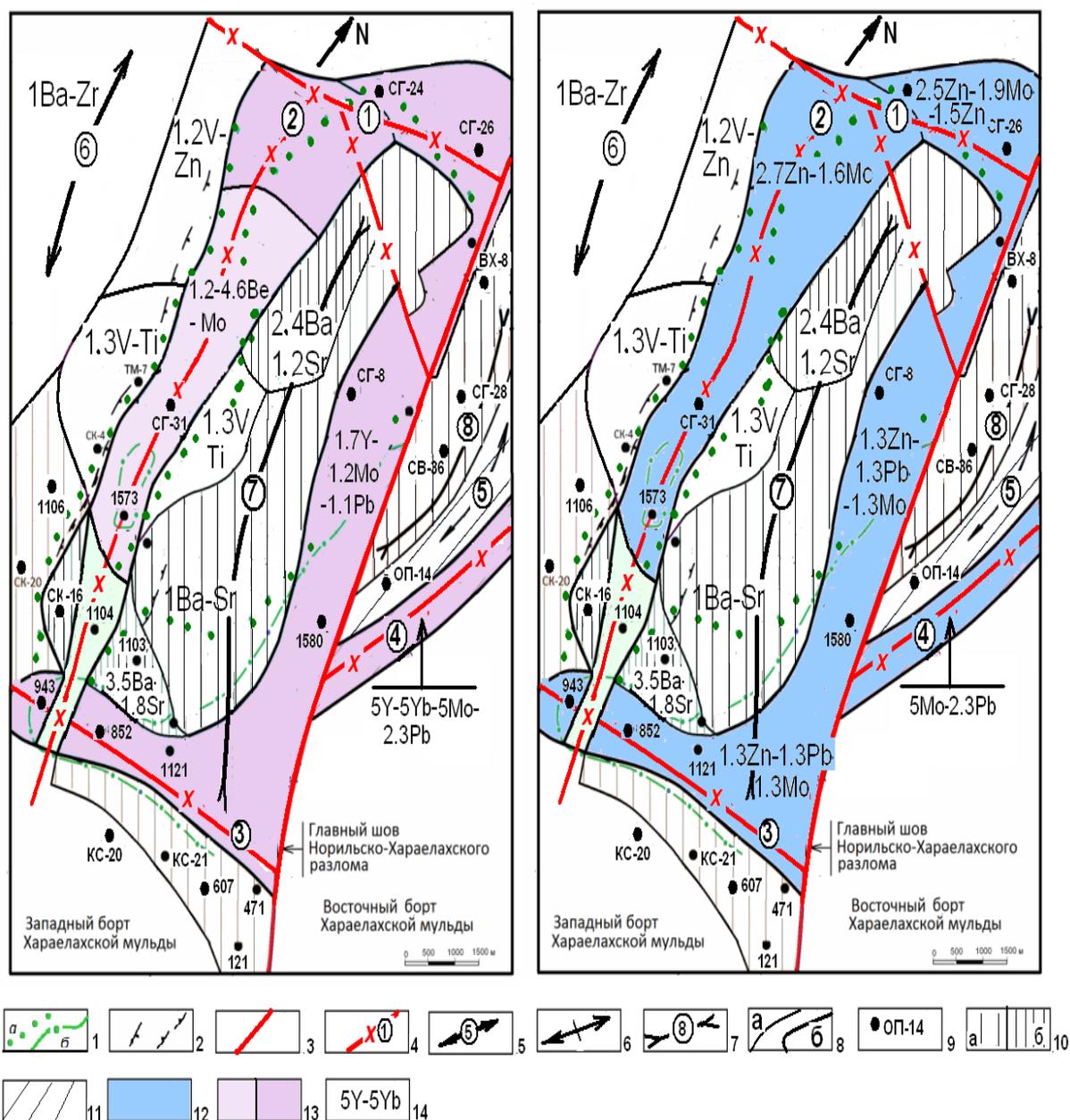


Рис. 6.6. Аномалии зон разломов (по материалам «Норильскгеология» с изменениями): 1 - границы рудоносных интрузий: а) краевые части; б) границы полнодифференцированных интрузий с сульфидной минерализацией; 2 - границы Томулахской зоны метаморфизма; 3 - зона Главного шва глубинного Норильско - Хараелахский разлома; 4 - разломы более мелкого порядка: 1 - «ручья Каменистый», 2 - Осевой (Дьянгинский); 3 - поперечный разлом мелкого заложения в поле Октябрьского месторождения; 4 - Олорский разлом; 5-6 - пликативные структуры: 5 - Олорское палеоподнятия; 6 - сводовое поднятие между Осевым и Тангаралахским разломами; 7 - осевой прогиб Хараелахской мульды; 8 - приразломная Талнахская синклиналь среднедевонского заложения; 8 - границы геохимических ореолов: а - внутри ореола; б - между ореолами различной специализации; 9 - скважина; 10 - 13 - геохимические ореолы, специализированные: 10 - на Sr; 11 - на Zr; 12 - на Zn - Pb - Mo; 13 - аномалии Y, Yb, Mo, Be; 14 - формула аномалии (цифрами указаны значения коэффициентов концентрации)

Полиметаллическая минерализация представлена галенитом, пиритом и сфалеритом в ассоциации с кальцитом и другими низкотемпературными минералами маркируется аномалиями Zn – Pb – Mo или Zn – Co – Ti – Mo, в зонах «выноса» геохимических ассоциаций которых находятся Cu и Ni (см. рис. 6.6; см. табл. 2.7).

Приуроченность дифференцированных интрузий к зонам долгоживущих разломов глубинного заложения интерпретируется как контролирование этими разломами путей подъема и распределения магматического материала. Однако, по результатам бурения и геохимических исследований данные структуры не проявляет признаков магмоподводящего канала. В зоне Главного шва разлома аномалий Cu Ni не отмечаются (рис. 6.7).

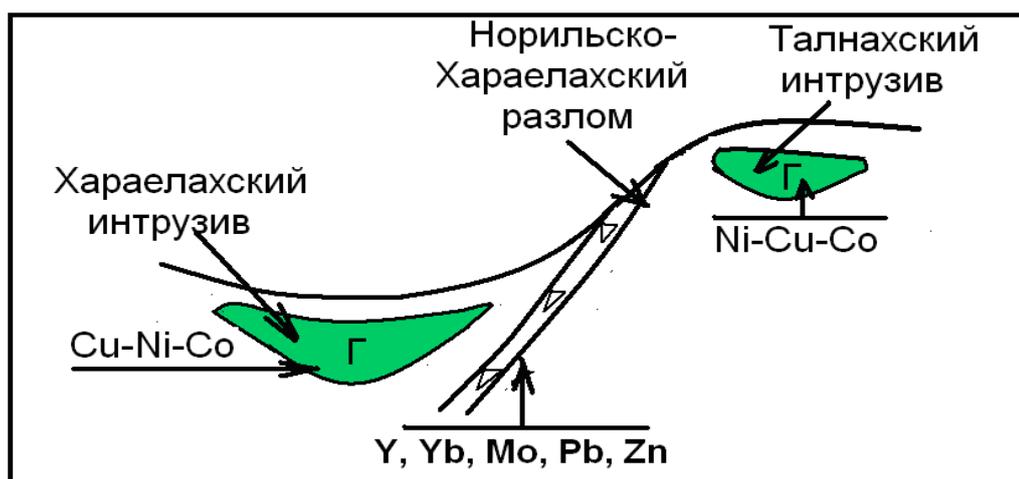


Рис. 6.7. Схематический геолого-геохимический разрез (поперечный) Талнахского рудного узла

Контроль рудоносных интрузивов, залегающих в осадочных отложениях, осуществляется благоприятными отрицательными структурами - синклиналями и опущенными крыльями приразломных флексурных складок, которые были названы «структурными ловушками» или «магмо- рудовмещающими» структурами. На отдельных участках направления осевых линий интрузивных тел и синклиналей совпадают. Хараелахский интрузив, расположенный в западном борту Норильско – Хараелахского разлома, локализуется в сульфатно-карбонатных и терригенных отложениях среднего – нижнего девона флексуры, ориентированной

по нормали к разлому. Рудоносный Талнахский интрузив расположен в восточном борту Норильско-Хараелахского разлома в приразломной Талнахской синклинали среднедевонского заложения, осевая линия которой прослеживается вдоль разлома. Интрузив локализован в толще алюмосиликатных терригенных отложений тунгусской серии ($C_2 - P_2$), которые с размывом залегают на отложениях среднего девона (мантуровская свита D_2mt), которые маркируются слабоконтрастными аномалиями стронция (рис. 6.8, 6.9).

Внедрение Томулахской ветви дифференцированного интрузива норильско - талнахского типа производилось по ослабленной зоне, совпадающей с пологой синклинальной структурой, имеющей северо-восточное простирание и прослеживающейся в верхнепалеозойских отложениях. «Структурные ловушки», сложенные эвапоритовыми отложениями девона, содержащих в своем нормальном залегании пласты ангидрита и высококальциевые породы контактовых ореолов интрузивов, фиксируются аномалиями Sr (рис. 6.8, 6.9, 6.10).

Как следствие, геохимическая зональность отложений девона в Хараелахской мульды отражает расположение и взаимоотношение тел рудоносных интрузивов – основных рудоконцентрирующих структур.

Так, магмовмещающих флексурный перегиб юго-западной оконечности Хараелахской мульды маркируется аномалиями стронция (K_{Sr} от 2.4 до 35). Синклинальная структура, вмещающая Томулахский интрузив фиксируется геохимическими аномалиями стронция (K_{Sr} от 2.4 до 8) и Cu – Ni – Co (или Cu – Zn – Ni) в породах контактового ореола, которые прослеживаются вдоль Осевого разлома и имеют вид ветви, отпочковавшейся от Хараелахского интрузива (см. рис. 6.9, 6.10) [91, с. 101 - 114].

Фрагмент синклинали восточного борта Хараелахской мульды, вмещающей Талнахский интрузив, в породах мантуровской свиты, на которые с размывом залегают отложения тунгусской серии, выделяется аномалиями стронция (K_{Sr} до 2.4) и зоны рассеянной минерализации Ni – Cu – Co (см. рис. 6.8, 6.9).

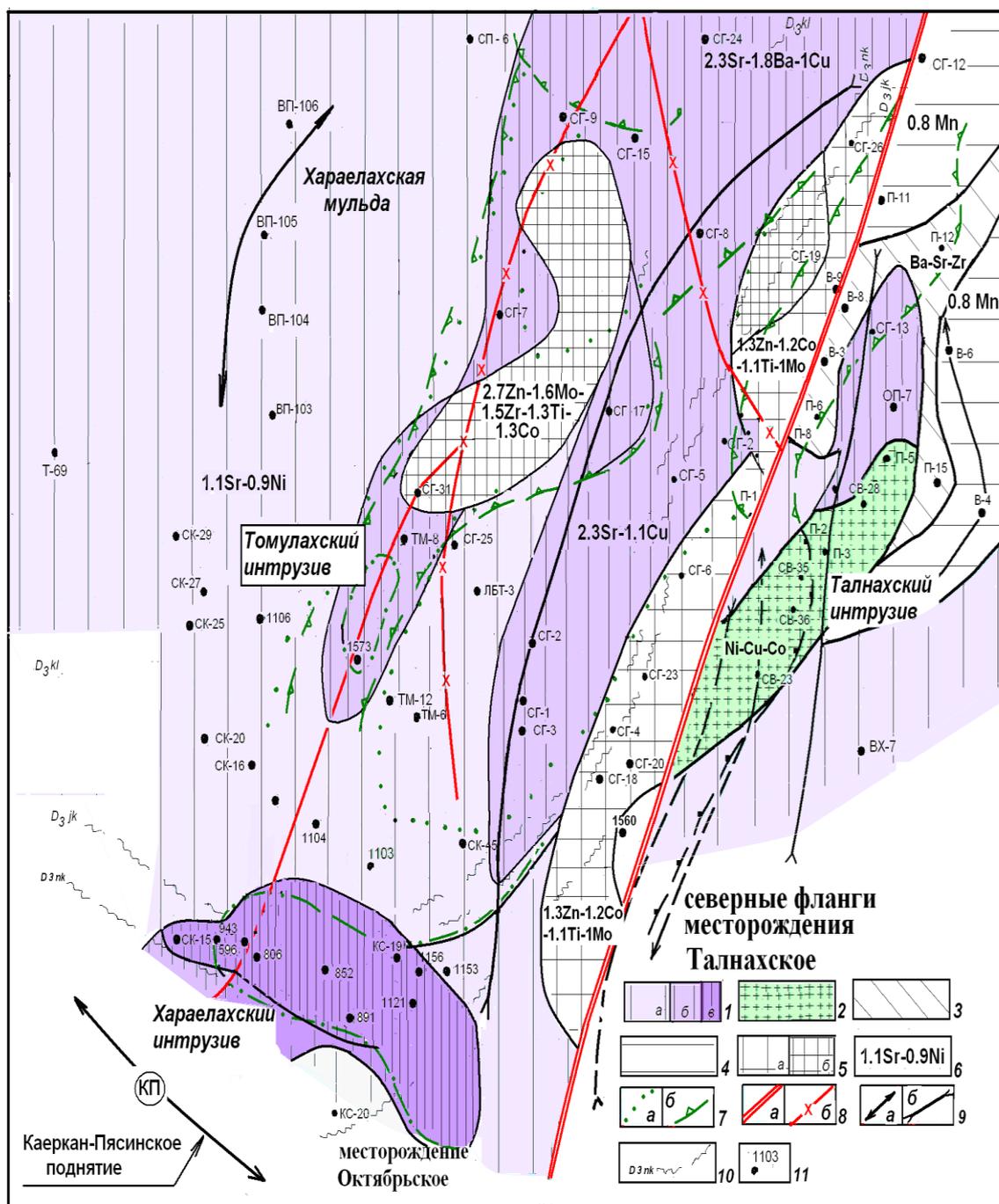


Рис. 6.8. Геохимическая зональность отложений нижней части мантуровской свиты юго – западной оконечности Хараелахской мульды западного борта Норильско – Хараелахского разлома (по материалам ПО «Норильскгеология»): 1 – ореол стронция: а – фоновые содержания ($K_{K_{Sr}}$ до 1.3), б – зона рассеянной минерализации ($K_{K_{Sr}}$ до 2.5), в – аномалии ($K_{K_{Sr}} = 7.6 - 9$); 2 – зона рассеянной минерализации Ni – Cu – Co ($K_{K_{Ni}}$ до 2.4) сульфидной минерализации Талнахского интрузива; 3 – ореол Zr – Sr ($K_{K_{Zr}}$ до 1.4, $K_{K_{Sr}}$ до 1.0) – зона размыва отложений верхнего девона; 4 – ореолы марганца ($K_{K_{Mn}}$ до 1.0) в карбонатном типе разреза отложений мантуровской свиты; 5 – ореолы полиметаллической минерализации в зонах разломов: а – области с фоновыми содержаниями - $1.3Zn - 1.2Co - 1.1Ti - 1.0Mo$, б – аномалии $2.7Zn - 1.6Mo - 1.5Zr - 1.3Ti - 1.3Co$; 6 – формула геохимической ассоциации (цифрами указаны числовые значения коэффициентов концентраций); 7- границы: а – рудоносных интрузивов, б - Томулахской зоны метаморфизма (ТЗМ); 8 – разломы: а – глубинный Норильско – Хараелахский разлом, б - Осевой (Дьянгинский) разлом; 9 - пликативные структуры: а – синклиналь, б – скважина; 10 – зоны выклинивания отложений верхнего девона; 11 – скважина

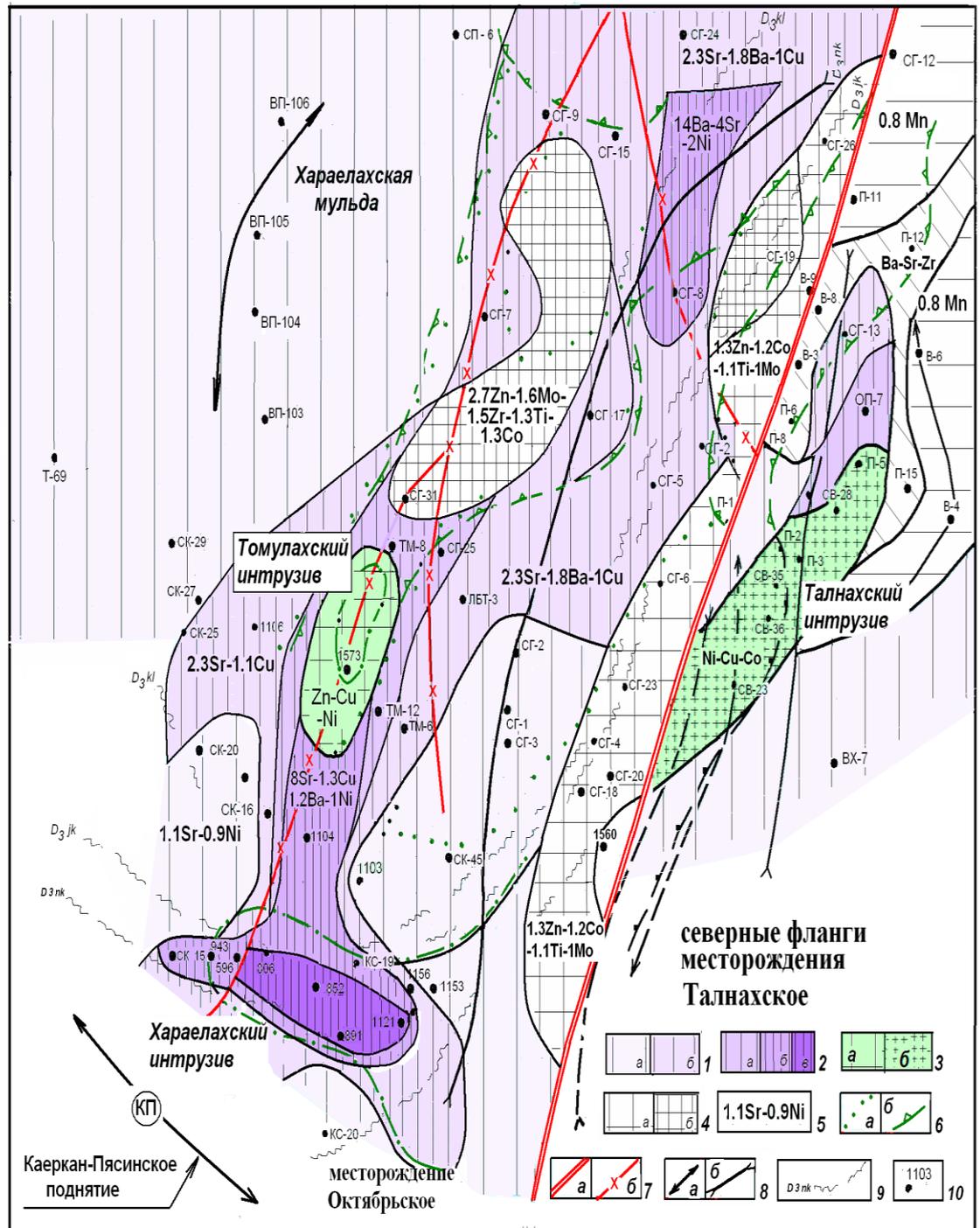


Рис. 6.9. Геохимическая зональность отложений средней части мантуровской свиты (сульфатно-карбонатный тип разреза) юго – западной оконечности Хараелахской мульды западного борта Норильско – Хараелахского разлома (по материалам ПО «Норильскгеология»): 1 – 2 - ореол Sr: 1 - а – фоновые содержания стронция ($K_{K_{Sr}}$ до 1.7), б – зона рассеянной минерализации ($K_{K_{Sr}}$ до 2.5), 2 – а – аномалии ($K_{K_{Sr}}$ до 4), б - ($K_{K_{Sr}}$ до 8), в - ($K_{K_{Sr}}$ 13 - 35); 3 – ореолы сульфидной минерализации: а – Томулахская зона метаморфизма - ореол Cu – Zn - Ni – Co с фоновыми содержаниями ($K_{K_{Cu}}$ до 1.5, $K_{K_{Zn}}$ до 1.2, $K_{K_{Ni}}$ до 1.1), б – Талнахский интрузив - зона рассеянной минерализации ($K_{K_{Cu}}$ до 2.4, $K_{K_{Ni}}$ до 2.0, $K_{K_{Co}}$ до 1.2); 4 – ореол Zn – Co – Ti – Mo в породах зоны Норильско – Хараелахского разлома; 5 – формула геохимической ассоциации (цифрами указаны числовые значения коэффициентов концентраций); 6 - границы: а – рудоносных интрузивов, б - Томулахской зоны метаморфизма (ТЗМ); 7 - разломы: а – глубинный Норильско – Хараелахский разлом, б - Осевой (Дьянгинский) разлом; 8 - пликативные структуры: а – антиклиналь, б – синклиналь; 9 – зоны выклинивания отложений верхнего девона; 10 - скважина

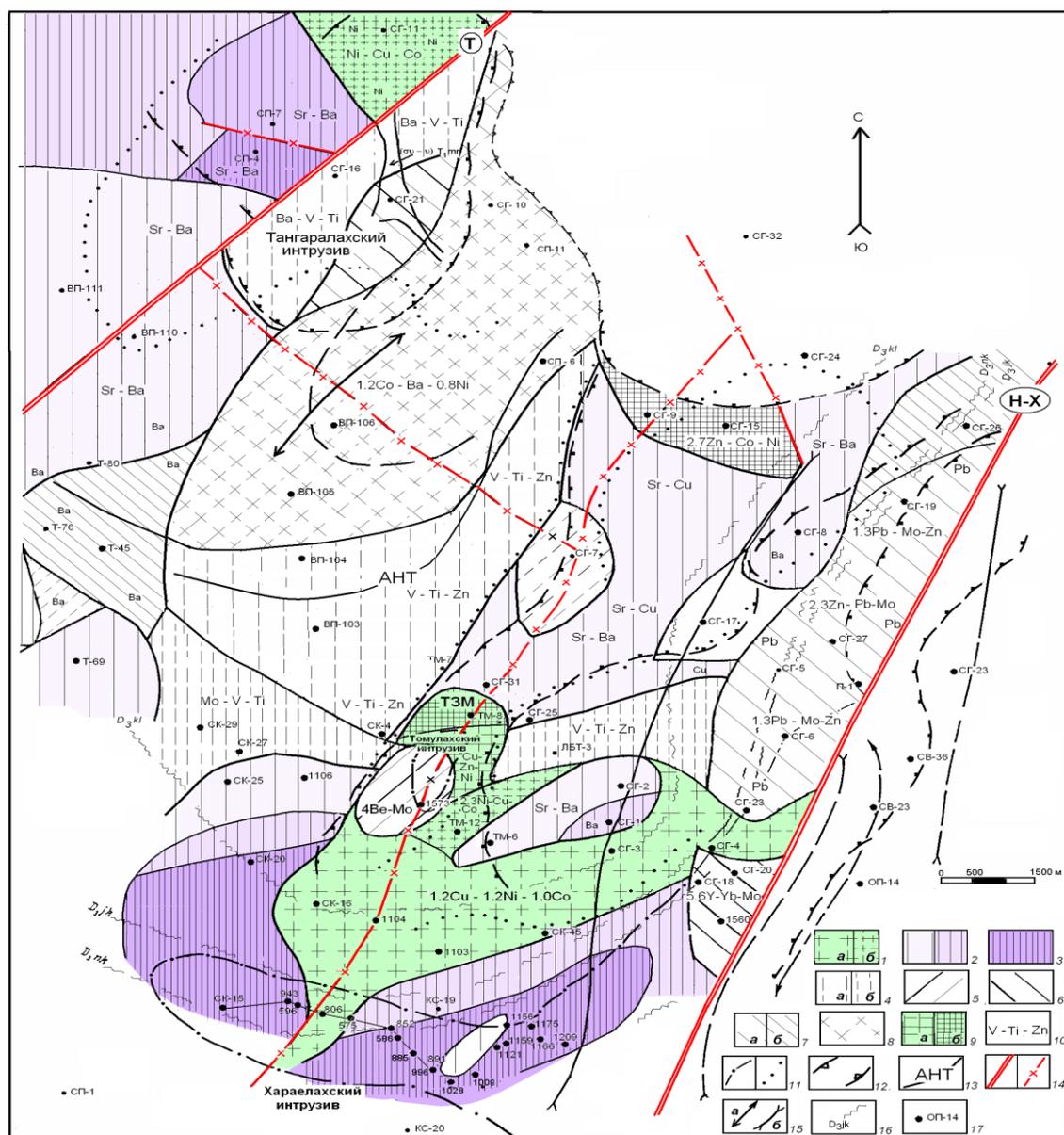


Рис. 6. 10. Геохимическая зональность отложений верхнего девона юго – западной оконечности Хараелахской мульды западного борта Норильско – Хараелахского разлома (по материалам ПО «Норильскгеология»): 1 - ореол $\text{Cu} - \text{Ni} - \text{Co}$ верхнего контактового ореола Хараелахского интрузива: *a* – фоновые содержания (K_{Cu} до 1.2, K_{Ni} до 1.2, K_{Co} до 1.1), *б* – зона рассеянной минерализации (K_{Cu} до 2.4, K_{Ni} до 2.0, K_{Co} до 1.2); 2 – ореол Sr : *a* – фоновые содержания стронция (K_{Sr} до 1.7), *б* – зона рассеянной минерализации (K_{Sr} до 2.5); 3 – аномалии (K_{Sr} до 5.6 - 9); 4 – ореол $\text{V} - \text{Ti} - \text{Zn}$ в отложениях с пиритовой минерализацией: *a* – фоновые содержания (K_{V} до 1.3, K_{Ti} до 1.2, K_{Zn} до 1.0), *б* - зона рассеянной минерализации (K_{V} до 2.5, K_{Ti} до 1.6, K_{Zn} до 1.5); 5 – ореолы $\text{Ve} - \text{Mo}$ в породах зоны Осевого (Дьянгинского) разлома; 6 – 7 ореолы в породах зоны Норильско – Хараелахского разлома: 6 - аномалия $5.6 \text{ Y} - \text{Yb} - \text{Mo}$, 7 – ореол $\text{Pb} - \text{Mo} - \text{Zr}$ полиметаллической минерализации; 8 – ореол $1.2\text{Co} - 1.0\text{Ba} - 0.8\text{Ni}$ (область палеоподнятия); 9 – ореол $\text{Cu} - \text{Zn} - \text{Ni}$ (или $\text{Zn} - \text{Cu} - \text{Ni}$) в контактовом ореоле Томулахского интрузива: *a* – область с фоновыми содержаниями (K_{Cu} до 1.4, K_{Zn} до 1.2, K_{Ni} до 1.1), *б* – зона рассеянной минерализации (K_{Zn} до 2.4, K_{Cu} до 1.6, K_{Ni} до 1.4); 10 - формула геохимической ассоциации (цифрами указаны числовые значения коэффициентов концентраций); 11 - границы рудоносного интрузива: *a* – продуктивной части интрузива, содержащего горизонты пикритовых и такситовых габбродолеритов, *б* – силлы недифференцированных габбродолеритов недифференцированной части интрузива; 12 - Томулахской зоны метаморфизма (ТЗМ); 13 - апофизы Нижнеталнахского интрузива; разломы: 14 – зоны швов разломов: *a* – глубинных Норильско – Хараелахского (Н-Х) и Тангаралахского (Т), *б* - Осевого (Дьянгинского); 15 - пликативные структуры: – *a* – антиклиналь, *б* – синклиналь; 16 – зоны выклинивания отложений верхнего девона; 17 - скважина

Талнахский рудный узел представляет собой сочетание дискретных ячеек сжатия и растяжения. В центральной части мульды, сдвоенной в виде восьмерки, в виде кольцевой структуры проявлена, скорее всего, промежуточная магматическая камера (Додин Д.А., 2002. с. 416-419). Пространственные границы Талнахского рудного узла (локальной рудно-магматической системы) с выделением дуговых и кольцевых структур показаны на рис. 6.11.

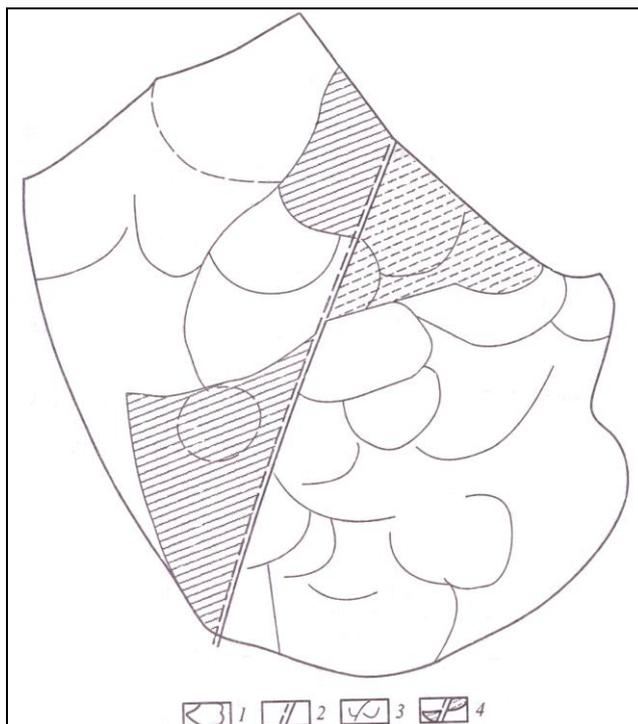


Рис. 6.11. Пространственные границы Талнахского рудного узла (ТРУ) (по Д.А. Додину, 2002, с. 410-416): 1 – границы концентрически-зонального комплекса (ТРУ); 2 – Норильско-Харалахский разлом; 3 – элементы дуговых и кольцевых структур; 4 – дискретные ячейки сжатия и растяжения – элементы Талнахского рудного поля

Как было отмечено выше, внешними структурными ограничениями рудных узлов, являются поднятые крылья предтунгусских флексур и осевые линии антиклиналей, поперечные к простираению зон глубинных разломов (Г.Д. Маслов, 1963, В.А. Люлько, Ю.Н. Амосов, 1973ф, 1975ф). Данная особенность отражена **зональность концентрического характера**, которая проявляется в расположении аномалий бария. В целом пространственное распределение аномалий в пределах рудного узла имеет фрагментарно-кольцевое расположение

вокруг безрудной центральной части Хараелахской мулды (рис. 6.12) [84, с. 81 – 91].

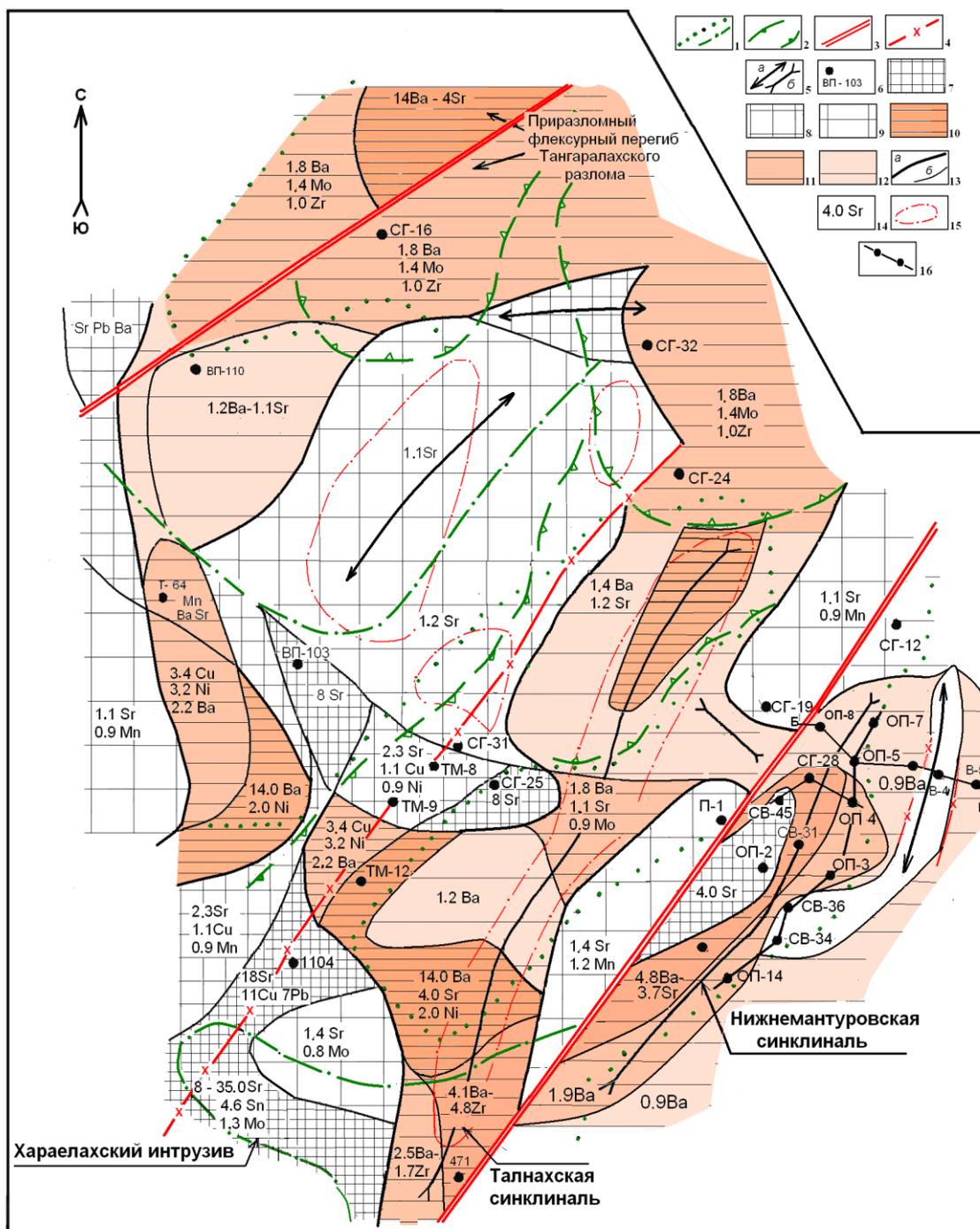


Рис. 6.12. Распределение аномалий барий-стронциевой специализации в породах контактовых ореолов рудоносных интрузий площади Талнахского рудного узла: 1 – границы рудоносных интрузий; 2 – границы Томулахской зоны метаморфизма; 3 – Главный шов Норильско-Хараелахского разлома; 4 – Осевой (Д'янгинский) разлом; 5 – оси палеоструктур: а) антиклиналей; б) синклиналей; 6 – устье скважины, ее номер; 7 - 12: геохимические ореолы: 7 - 9 стронция: 7 – аномалии; 8 – ЗРМ; 9 – области фона; 10 – 12 Ba - Sr и Ba - Zr: 10 – аномалии, 11 – ЗРМ; 12 – области фона; 13 – геохимические границы: а) между ореолами различной специализации, б) внутри ореолов; 14 – формула геохимической ассоциации, цифрами обозначено значение коэффициента концентрации; 15 – надфоновые аномалии калия, урана, тория; 16 – линия разреза

Аномалии пространственно совпадают с границами зон максимальных динамических растяжений (приразломные флексуобразные перегибы) (рис. 6.13), где имеет место интенсивное проявление гидротермальных процессов, развитие кондуктивного теплообмена и образования «флюидно-тепловых мешков», формирующихся в барьерной зоне смешения восходящих и поровых флюидов (Туровцев Д.М., 2002).

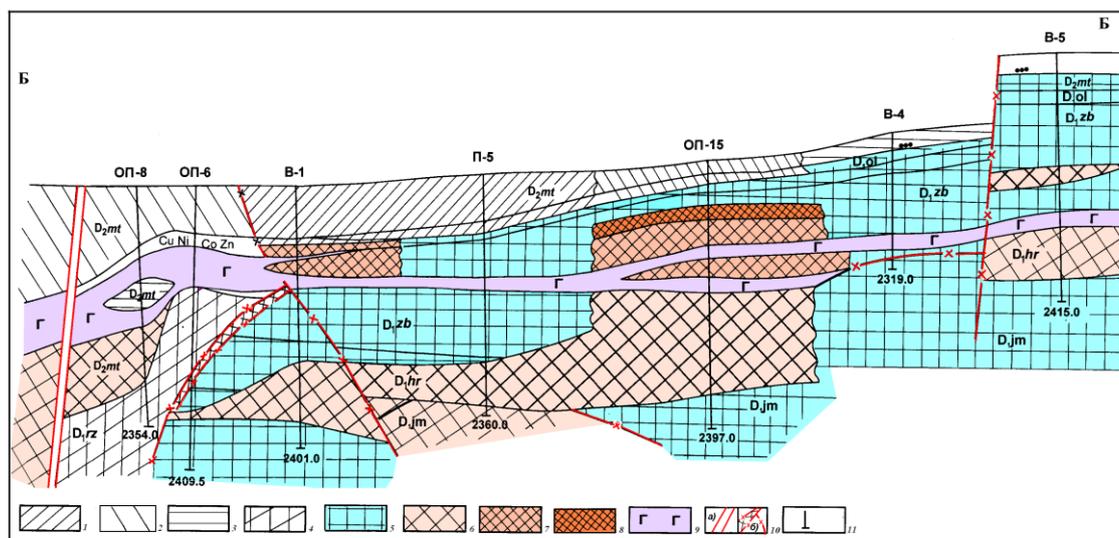


Рис. 6.13. Схематический геолого-геохимический разрез в области флексурного перегиба в восточном борту Норильско-Хараелахского разлома (по материалам ПО «Норильскгеология», 2002): 1–8 – Геохимические ореолы различной специализации: 1 – ореолы марганец-стронциевой специализации с фоновыми содержаниями; 2 – ореолы марганец-циркониевой специализации с фоновыми содержаниями; 3 – ореолы марганцевой специализации с фоновыми содержаниями; 4 – ореолы циркон-титан-ванадиевой специализации с фоновыми содержаниями; 5 – ореол стронциевой специализации с фоновыми содержаниями: Sr ($Kk = 1.3$) – Mn (формула геохимические ассоциации, числовое значение коэффициента концентрации); 6 – ореолы барий-стронциевой специализации с фоновыми содержаниями 1.5Ba – 1.2Sr, 7 - аномалии 3Ba– 3Sr, 8 – аномалия стронций-бариевой специализации: 12-20Sr – 6-14Ba; 9 – габбродолериты интрузива норильско-талнахского типа; 10 – а) зона Норильско-Хараелахского разлома, б) – прочие тектонические нарушения; 11 – скважина ее индекс и глубина

Здесь в метаморфизованных породах среднего-верхнего девона содержится барито-целестиновая минерализация. Целестин находится в парагенезисе с галенитом, сфалеритом, пиритом и марказитом, отмеченных в породах контактовых околоинтрузивных ореолов (Туровцев Д. М., 1973, с. 35–37). Данные минеральные ассоциации фиксируются ГХА Pb – Sr - Mn; Pb – Cr - Sr и Cu – Zn - Sr, нахождение которых характерно для флангов месторождений и рудопроявлений. Распределение ореолов бария в разрезе геологических образований приве-

дено на рисунках 6.14, 6.15, 6.16. По данным радиогеофизических методов зоны приразломных флексур фиксируются надфоновыми аномалиями калия, урана, тория (см. рис. 6.12). Отмечено, что возрастание концентраций Ва происходит в породах экзоконтактового ореола интрузивных массивов норильско-талнахского типа, особенно вдоль их осевых зон. Среди пород экзоконтактовых зон наиболее широкие вариации Ва отмечены в кварц-полевошпатовых и слюдяно-хлорито-полевошпатовых, соответствующих исходным породам тунгусской серии и разведочнинской свиты. При залегании интрузивов в карбонатных и мергелевых породах в околоинтрузивном пространстве выделяются ореолы Ва – Sr (см. рис. 6.13, рис. 6.16).

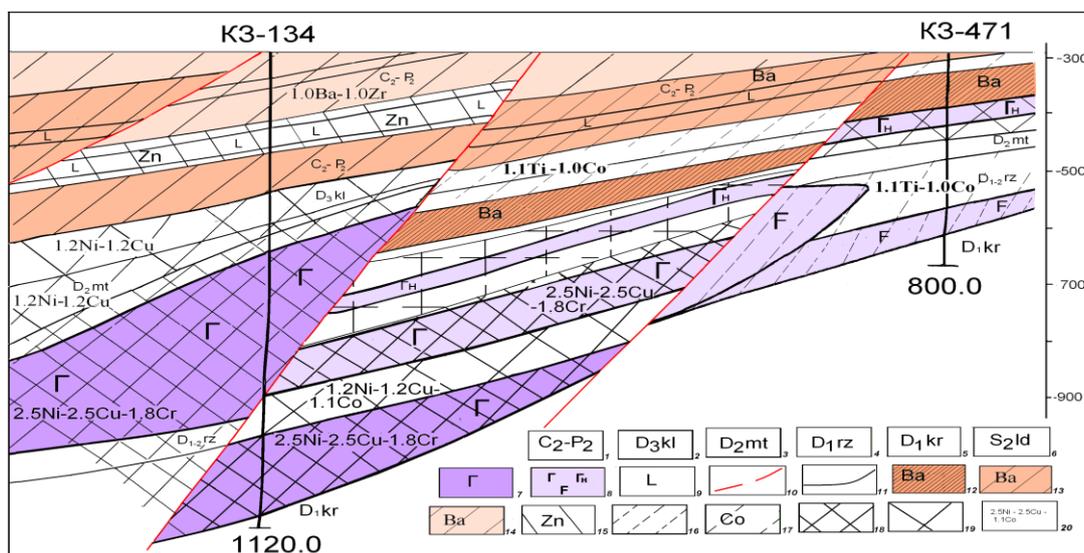


Рис. 6.14. Распределение ореолов бария в геолого-геохимическом разрезе краевой зоны Хараулахского интрузива (по материалам ПО «Норильскгеология», 2000): 1 – 6 – вмещающие отложения: 1 – тунгусской серии C_2-P_2 , 2 – 5 – девона: 2 – каларгонская свита D_3kl , 3 – мантуровская свита D_2mt , 4 – разведочнинская свита D_1rz , 5 – курейская свита D_1kr ; 6 – лудловская свита S_2ld ; 7 – породы главного интрузивного тела; 8 – габбродолериты силлов: габбродолериты недифференцированные, безоливиновые, лейкогаббро; 9 – долериты Ергалахского комплекса; 10 – разрывные нарушения; 11 – границы ореолов; 12 – 20 – геохимические ореолы: 12 – 14 – аномалии контактового ореола в сульфидосодержащих (преобладает пиритовая минерализация) породах тунгусской серии: 12 – $4.8Zr - 4.1Ba - 3.8Ti - 2.8Mn - 2.7Zn - 2.2Ni - 2.2Co - 1.7Cu [Cr, Pb]$, 13 – $2.5Ba - 1.7Zr - 1.1Cu - 1.1Ti - 1.0Ni$; 14 – $1.0Ba - 1.0Zr - 0.9Cu$; 15 – аномалии цинка в долеритах ергалахского комплекса – $2.7Zn - 1.6Mo - 1.0Ni$; 16 – 17 – ореолы в измененных габбродолеритах и зонах скарнирования с пирит-магнетитовой вкрапленностью: 16 – $3.1Ti - 1.6Co$, 17 – $1.0Ti - 1.0Co$; 18 – 19 – ореолы никель-медного типа: 18 – аномалия $2.5Ni - 2.5Cu - 1.8Cr [Ti, Sr, Ba, Zr]$, 19 – $1.2Ni - 1.2Cu - 1.1Co - 0.94Cr$; 20 – формула геохимической ассоциации, цифрами указаны значения коэффициентов концентраций, в квадратных скобках – элементы «зоны выноса» геохимической ассоциации

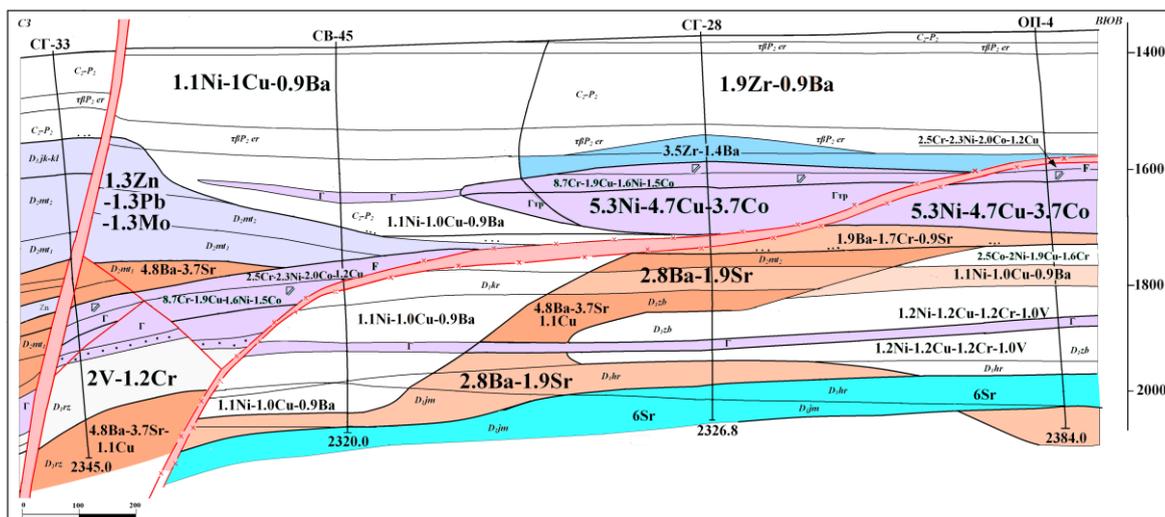


Рис. 6.15. Распределение ореолов бария в геолого-геохимическом разрезе (поперечный) Нижнемантуровской синклинали Талнахского месторождения (по материалам ПО «Норильскгеология», 2000) (условные обозначения на рис. 6.18)

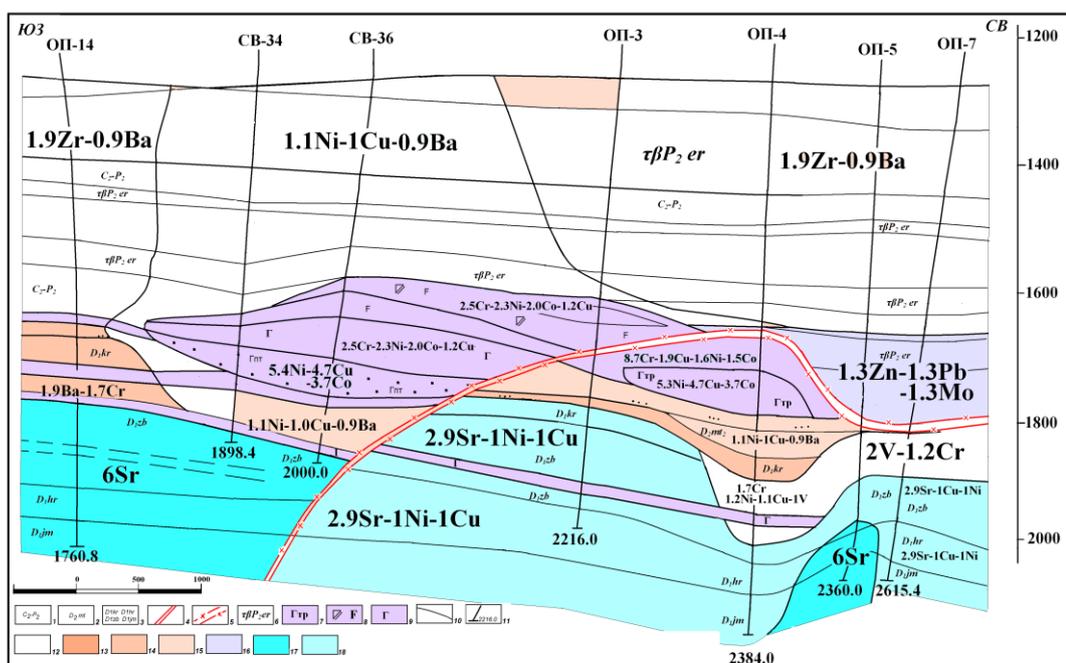


Рис. 6.16. Распределение ореолов бария в геолого-геохимическом разрезе вдоль осевой зоны Нижнемантуровской синклинали Талнахского месторождения интрузива (по материалам ПО «Норильскгеология», 2000): 1 – 3 – вмещающие отложения: 1 – тунгусской серии C_2-P_2 , 2 – 3 – девона: 2 – каларгонская свита D_{3kl} , 3 – мантуровская свита D_{2m} , 4 – разведочнинская свита D_{1rz} , 5 – курейская свита D_{1kr} ; 6 – лудловская свита S_{2ld} ; 4 – зона Главного шва Норильско-Харалахского разлома; 5 – разломы оперяющие Норильско-Харалахский; 6 – долериты Ергалахского комплекса; 7 – 9 – габбродолериты интрузива норильско-талнахского типа: 7 – троктолитовые, 8 – габбро диориты, лейкогаббро, 9 – габбродолериты оливинные; 10 – границы ореолов; 11 – скважина; 12 – 18 – ореолы различной специализации: 12 – V-Cr (Cr-V), 13 – 15 – бария: 13 – аномалии бария $4.8Ba - 3.7Sr$ ($2.8Ba - 1.7Sr$), 14 – зона рассеянной минерализации $1.9Ba$, 15 – области с фоновыми содержаниями $0.9Ba$; 16 – ореолы зон разломов $1.3Zn - 1.3Pb - 1.3Mo$; 17 – 18 – ореолы стронция: 17 – аномалии $6Sr$, 18 – зона рассеянной минерализации $2.9Sr$. Формула геохимической ассоциации ореола $4.8Ba - 3.7Sr$, цифрами указаны значения коэффициента концентрации

В пространственном распределении аномалий Cu – Ni - Co (или Ni – Cu - Co) рудоносных и потенциально рудоносных интрузивов – основных рудоконцентрирующих структур, в пределах Хараелахской мульды, также имеет центробежное строение с фрагментарно-кольцевым расположением вокруг безрудных зон и коррелируется с общим структурно-тектоническим планом территории (см. рис. 6.17, рис. 6.18).

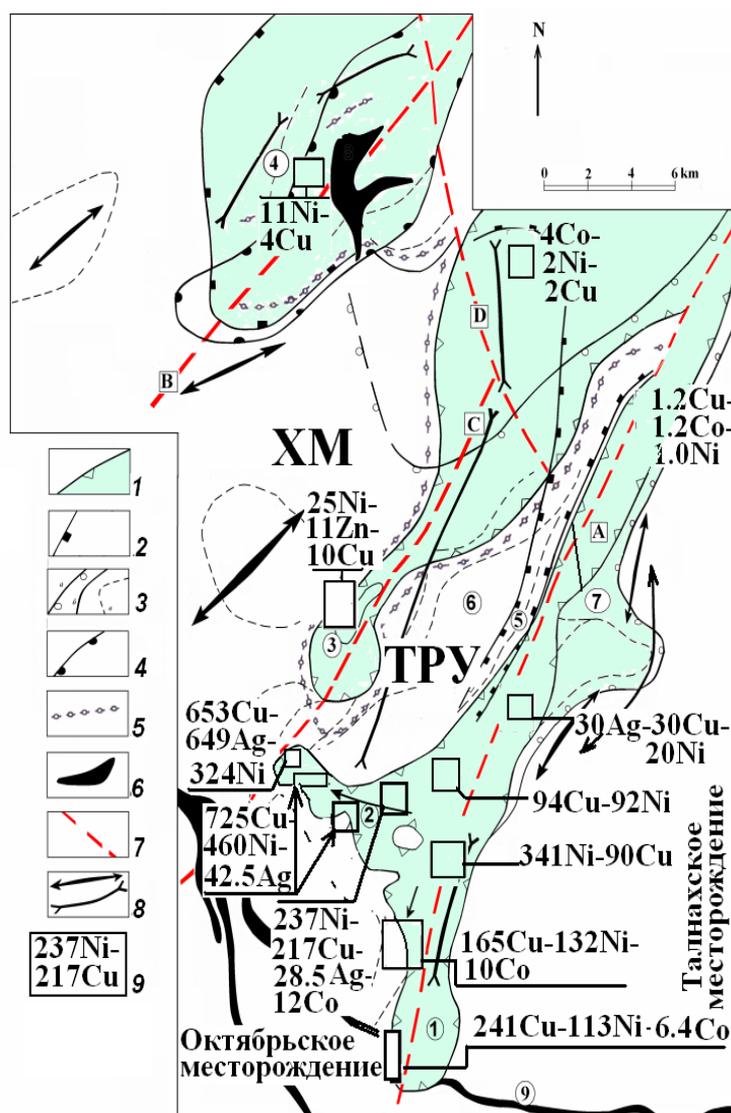


Рис. 6.17. Распределение медно-никелевых аномалий в интрузивах норильско-талнахского типа Талнахского рудного узла (по данным Льюлько В.А. с изменениями): 1 – рудоносные расслоенные массивы Норильско-Талнахского типа (1 – Талнахский; 2 – Хараелахский; 3 – Томулахский); 2 – потенциально рудоносные интрузивы зубовского типа (4 – Тангаралахский); 3 – сульфидоносные интрузивы нижнеталнахского типа: 6 – Нижнеталнахский: а) – граничный контур; б) – ареал интрузива при мощности менее 25 м; в) – то же при мощности более 25 м; 4 – ареал интрузивов круглогорского типа (7 – Олорский); 5 – граничные контуры зон метаморфизма (Томулахско - Каменистая, Тангаралахская, Приразломная); 6 – выходы интрузивов на поверхность; 7 – зоны разломов: А – Норильско-Хараелахского; В – Фокинско - Тангаралахского, С – Осевого, D – Каменистый

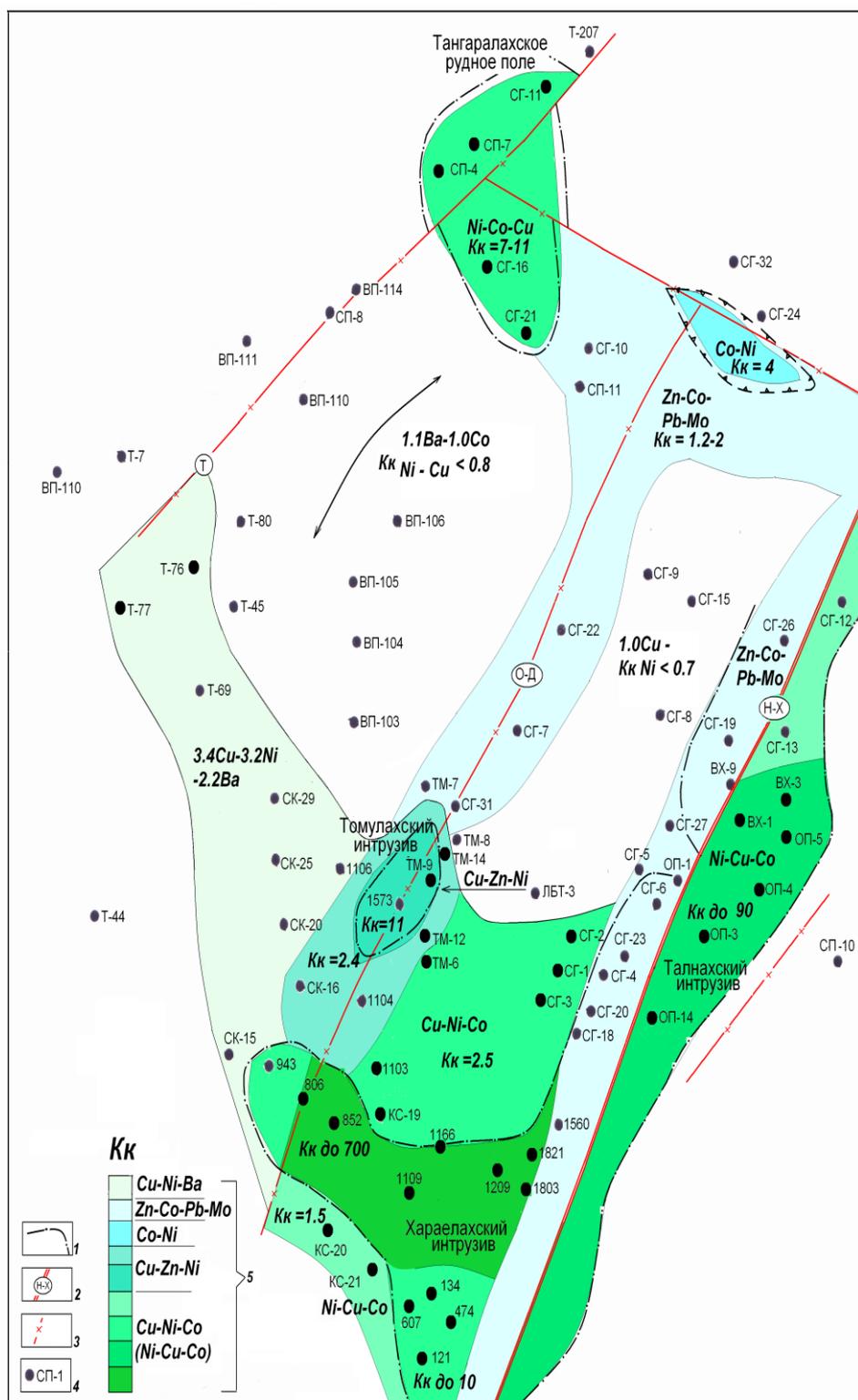


Рис. 6.18. Зональность медно-никелевого ореола в породах надинтрузивных контактовых ореолах Харалахского, Талнахского, Томулахского и Тангаралахского интрузивов пределах юго-западной части Харалахской мульды: 1 – 4 – условные обозначения см. на рис. 5.11; 5 – значения коэффициентов концентрации Cu, Ni, Co и Zn

Своды палеоподнятий, ограничивающие распространение рудоносных интрузивов, в геохимических полях разновозрастных отложений фиксируются

геохимическими ассоциациями с фоновыми содержаниями: Sr, Co-Ba-Ni, Zr-Ba, Ti- V- Zn (см. рис. 6.8 – 6.10, 6.12, 6.18).

Выводы (Четвертое защищаемое положение). Тектонические условия локализации месторождений Талнахской РМС в виде сочленения рудоконтролирующего долгоживущего разлома глубинного заложения и флексурных складок имеют геохимическое выражение. Рудоконтролирующий разлом фиксируется геохимическими аномалиями Y, Yb, Be, Mo, Pb и Zn линейного вида. Магмо- и рудовмещающие структуры - синклинали и опущенные крылья приразломных флексур складок маркируются аномалиями Sr, Ba-Sr и Ba-Zr с центробежным распределением вокруг безрудных зон сводов палеоподнятий, где в геохимических полях разновозрастных отложений отмечаются фоновые содержания Co-Ba-Ni, Zr-Ba, Ti- V-Zn.

Глава 7. Геохимическая зональность медно-никелевого с платиноплатидами оруденения месторождений Талнахской рудно-магматической системы

Для составления данного раздела привлекались опубликованные материалы Генкина А.Д. (1981), Дистлера В.В. (1981, 1999), Дюжикова О.А. (1981), Годлевского М.Н. и Лихачева А.П. (1983, 1988), Налдрета А.Дж. (2003), Рябова В.В. (2000) и др.

По составу и технологическим свойствам медно-никелевые руды месторождений Талнахского рудного узла относятся к сложным и характеризуются многообразием минерального состава и форм нахождения рудообразующих компонентов. В более чем 100 рудных минералах медно-никелевых руд в качестве основных компонентов обнаружено свыше 30 химических элементов, 14 из которых имеют промышленное значение. Основными являются медь, никель, кобальт, попутными – шесть платиновых металлов (платина, палладий, родий, осмий, иридий, рутений), золото, серебро, селен, теллур и сера. Драгоценные металлы (ДМ) – платина, палладий, родий, золото и серебро – находятся в двух формах: образуют собственные минералы и изоморфно входят в состав основных сульфидов, как и мышьяк, сурьма, теллур, селен, цинк, олово и висмут. Кобальт, осмий, иридий, рутений находятся только в рассеянной форме.

Главные рудообразующие сульфиды трех групп минералов – пирротин, пентландит, халькопирит и кубанит – образуют несколько типов парагенетических минеральных ассоциаций: пирротиновый, кубанитовый, халькопиритовый, талнахитовый, халькозин-борнитовый. Сплошные, существенно пирротиновые руды распространены наиболее широко. В большинстве случаев они образуют самостоятельные тела различных размеров, иногда же совместно с другими типами они участвуют в строении зональных тел. Мощности тел пирротиновых руд изменяются от первых десятков сантиметров до 30 м и более. Пирротиновый тип включает два минеральных подтипа: 1) пентландит-

халькопирит-пирротиновый; 2) пентландит-кубанит-пирротиновый. Пентландит-халькопирит-пирротиновые руды являются наиболее типичными представителями богатых медно-никелевых руд. Состав их определяется присутствием пирротина, переменных количеств халькопирита и пентландита, сопровождаемых магнетитом.

Сплошные кубанитовые руды в различных количествах присутствуют во всех промышленных месторождениях Норильского района. Самостоятельных тел они не образуют, а совместно с пирротиновыми, халькопиритовыми и талнахитовыми рудами отмечаются в зональных сложно построенных телах. Наиболее часто кубанитовые руды располагаются между пирротиновыми и халькопиритовыми участками рудных тел в виде переходных зон различной протяженности и мощности. По минеральному составу сплошные кубанитовые руды делятся на два подтипа: 1) пентландит-пирротин-кубанитовые; 2) пентландит-халькопирит-пирротин-кубанитовые.

Сплошные руды халькопиритового и талнахитового типов занимают по распространенности второе место после существенно пирротиновых, но встречаются они несравненно более редко. Обычно халькопиритовые и талнахитовые руды слагают отдельные участки в зональных рудных телах, характеризующихся высокими содержаниями меди.

Основными никельсодержащими минералами в рудах являются: в пирротиновых – пентландит, пирротин (гексагональный, моноклинный); в кубанитовых – пентландит, пирротин (гексагональный), халькопирит; в халькопиритовых – пентландит, халькопирит (моихукит, талнахит, путоранит, Ni-путоранит). Основными медьсодержащими минералами в рудах являются: в пирротиновых – халькопирит; в кубанитовых – кубанит, халькопирит; в халькопиритовых – халькопирит (моихукит, талнахит, путоранит, Ni-путоранит), кубанит. **По соотношению содержаний благородных и цветных металлов данные руды следует рассматривать, в первую очередь, как платиносодержащие.** Основные металлы в группе платины – платина, палладий, родий,

рутений. Платина в богато-вкрапленных рудах находится в виде зерен платиновых минералов: куперита (PtS), сперрилита (PtAs₂), ферроплатины и твердых растворов олова и свинца в платине (Pt,Pd)₃Sn, в меньшей степени – в виде изоморфной примеси в пентландите. Палладий примерно в равных количествах образует как изоморфную примесь в пентландите, так и представлен в виде самостоятельных минералов (интерметаллические соединения палладия с оловом, свинцом, висмутом, теллуrom и некоторыми другими редкими и рассеянными элементами).

Основные породообразующие минералы богато-вкрапленных руд представлены (в порядке распространенности) полевыми шпатами, пироксенами, оливинами, серпентином, биотитом, хлоритом, тальком, ангидритом.

Минеральный, химический, химико-минералогический состав рудных и нерудных минералов представлены в табл. 7.1– 7.4.

Таблица 7.1

Минеральный состав сплошных (массивных) руд

Тип	Разновидности	Po	Pnt	Ср	Cub	Валлериит	Макиनावит	Mt	Нерудные
Пирротиновый	Pnt–Ср–Po	60–62	10–14	10–14	Сл.	сл	Сл.	4–8	10–14
	Pnt–Cub–Po	62.7	10.1	0.6	20.6	–	0.3	0.9	4.8
Кубанитовый	Pnt–Po–Cub	32.1	13.1	Сл.	10–60	–	4.0	3.2	3.8
	Pnt–Ср–Po–Cub	24.8	16.6	15.0	28.8	3.2	3.3	2.5	1.8
	Pnt–Ср–Cub–Mh	–	11.3	23.0	59.4	0.8	–	4.3	0.9
Халькопиритовый	Pnt–Cub–Ср	сл	6.6	63.0	26.0	0.4	–	2.1	0.9
	Pnt–Ср–П	0.2	14.7	75.1	0.3	1.3	0.4	2.0	5.8

Примечание: Po – пирротин, Pnt – пентландит, Ср – халькопирит, Cub – кубанит, П – талнахит, Mh – моихукит.

Таблица 7.2

Химический состав сплошных руд

Разновидности	SiO ₂	TiO ₂	Al ₂ O ₃	CaO	MgO	Fe общ.	Fe сул.	Cu	Ni	Co	Soб	Ni/Fe	Cu/Ni
Po	5.0–5.7	0.1–0.18	1.7–2.4	1.0–0.9	1.0–1.45	45–48	40	3.0–4.5	3.1–4.5	0.13–0.15	30	0.063–0.084	1.1–1.35
Cub	5.3–9.0	0.1–0.25	2.0–4.0	0.9–1.5	1.4–1.7	41	35	9.2–14.8	2.9–4.2	0.08–0.1	29.	0.07–0.1	2.2–2.5
Ср (П)	1.3–2.5	0.3–0.33	0.4–0.85	0.63	0.03–1.07	36.3	32	21.8–24.5	2.7–4.5	0.06–0.07	31	0.07–0.12	4.85–9.06

Таблица 7.3

Химико-минералогический состав нерудных минералов

Компонент	Ser	Ang	Phl	Рх	Рх	Ol	Pl
				(экзоконтактовый)	(габбродолерит)		
SiO ₂	40.28	0.32	29.68	39.92	51.5	38.1	49.8
TiO ₂	0.08	–	0.23	3.87	0.62	0.06	0.08
Al ₂ O ₃	1.87	0.18	18.99	11.53	2.42	0.42	30.2
Fe ₂ O ₃	2.76	0.05	4.19	4.85	2.03	1.05	0.47
Fe	0.17	–	–	7.25	7.57	20.9	0.36
MgO	38.95	0.35	32.6	7.1	16.3	37.9	0.95
SO ₃	–	58.3	–	–	–	–	–
CaO	1.52	40.05	1.37	24.0	19.3	0.08	13.2
сумма	99.03	99.55	99.44	98.91	99.55	99.31	96.37

Примечание: Ser – серпентин, Ang – ангидрит, Phl – флогопит, Рх – пироксен, Ol – оливин, Pl – плагиоклаз.

Таблица 7.4

Химические свойства рудных минералов

Минералы	Химическая формула	Содержание основных элементов			
		Ni	Fe	Cu	S
Пирротин	Fe ₂ S ₆	1.3–5.2	59.5	0.25–0.40	38.0
Пентландит	(Fe, Ni) ₉ S ₈	28.7–33.4	32.0–37.4	0.05–0.60	31.5–33.2
Кубанит	CuFe ₂ S ₃	0.5	42.45	22.6	34.6
Халькопирит	CuFeS ₂	0.4–1.2	29.9–33.8	29.8–33.8	33.0–35.0
Талнахит	Cu ₁₈ (Fe, Ni) ₁₆ S ₃₂	0.5	31.0	34.5	34.0
Моихукит	Cu ₉ Fe ₉ S ₁₆	0.5	35.5	40.0	24.0
Валлериит	Cu ₂ Fe ₄ S ₇	–	44.3	25.2	30.5
Макинавит	(Fe, Ni)S	6.73	57.0	0.44	33.66
Магнетит	Fe ₂ O ₃	0.17	68.6	0.05	–
Пирит	FeS ₂	Сл. –0.4	43.3–55.4	0.5–0.17	50–29
Хизлевудит	Ni ₂ S ₂	80.0	–	–	20
Борнит	Cu ₂ FeS ₄	Сл.	10.9	65.8	23.3
Халькозин	Cu ₂ S	5.5	4.0	66.6	19.3
Виоларит	FeNi ₂ S	44.9	21.4	–	33.6
Миллерит	NiS	72.8	–	–	27.2

Вкрапленные и прожилково-вкрапленные руды в интрузиве образуют довольно выдержанные линзо- и пластообразные горизонты, приуроченные к пикритовым, троктолитовым габбродолеритам, оливинитам («пикритовый слой»), такситовым и контактовым разностям («такситовый слой»). В рудных телах сульфиды присутствуют в виде вкрапленников и прожилков. По минеральному составу руды разделяются на четыре группы: пирротиновые, кубанитовые, халькопиритовые и борнит-халькозиновые. Преобладают пирротиновые руды. Борнит-халькозиновые пользуются весьма ограниченным распространением. Среднее отношение никеля к меди во вкрапленных рудах около 1:2, на отдельных участках оно понижается до 1:4 и даже до 1:10.

Медистые прожилково-вкрапленные и брекчиевидные руды обычно продолжают поле богатых сплошных и максимальным развитием пользуются в экзоконтакте существенно халькопиритовых частей залежей. Данные руды концентрируются в наиболее ослабленных частях фронтальных брекчий, где есть полости срыва контактов и отслоения, и во всевозможных зонах повышенной проницаемости, тяготея преимущественно к скарнированным существенно глинистым породам. Уплотненные известняки, ангидриты и доломиты, а также дайковидные апофизы нередко играют экранирующую роль. По форме тела медистых руд представляют собой сложные по внутреннему строению пластообразные и седловидные залежи, линзы, «карманы» и т.д. По минеральному составу в медистых рудах выделяются группы пирротиновых, халькопиритовых и борнитовых руд, последняя группа развита незначительно. «Медистые» руды характеризуются средним отношением меди и никеля – 4:1, по минеральным разновидностям это отношение варьирует от 2:1 до 20:1.

Сплошные сульфидные руды в Талнахском рудном поле локализованы в породах, подстилающих стратифицированный интрузив и, частично, в пределах его нижней эндоконтактной зоны. Массивные руды распространены практически по всей площади рудного горизонта, но в отдельных частях встречаются лишь мало-мощные прожилки или прожилково-вкрапленная минерализация. Наиболее значительные залежи тяготеют к углублениям и «выбоинам» в подошве фронтальной зоны рудоносной интрузии и обычно не выходят за контуры главных тел рудоносных интрузий. Мощность рудных тел может достигать 48 м. Массивные руды многообразны по составу: от существенно пирротиновых (с содержанием Cu 2–3 вес.%) до богатых медью (Cu = 27–32 вес.%) халькопиритовых и талнахит-моихукитовых.

Образование сплошных и прожилково-вкрапленных руд связано с самостоятельным внедрением богатой сульфидами магматической жидкости. Основная особенность состава сульфидной жидкости при различных параметрах состояния выражена в многообразии моносульфидных твердых растворов, об-

разующихся при кристаллизации. Прежде всего, разделение сульфидного расплава на два расплава определило развитие двух равновесных твердых растворов – халькопиритового (*Iss*) и никель-пирротинного (*Mss*) [42]. В начальную стадию рудообразования из сульфидной жидкости происходила сегрегация высокотемпературных Fe-Ni сульфидов: пирротина, троилита. Ранний сульфид обогащен Fe и обеднен Ni относительно расплава, с которым он находится в равновесии. В процессе последующей фракционной кристаллизации *Mss* обогащается никелем, при этом образуется высокосернистая сульфидная минерализация, насыщенная никелем. Остаточная фракционированная жидкость при этом обедняется Ni и ассоциирующими с ним Co, Rh, Ru, Os, Ir и обогащается Cu и совместимыми с ней Pt, Pd. По мере увеличения содержания Cu и снижения количества S в сульфидном расплаве увеличивалась ее смачивающая способность [103], вследствие чего она пропитывала роговики как внутри массивных руд, так и в их экзоконтактовых ореолах, что привело к образованию «медистых» руд. Наблюдаемый в настоящее время минеральный состав руд является результатом воздействия на первичные сульфиды остаточной пропитывающей жидкости, обогащенной Cu, Pt, Pd и Au, что привело к неоднородности минерального состава руд.

На стадии остаточной кристаллизации сульфидных расплавов образуются минералы платиновой группы металлов, которые представлены соединениями следующих бинарных и тройных систем Pt-Fe, Pt-Sn, Pd-Sn-Cu, Pd-Sn-As, Pd-Sn-Sb, Pd-Pb, Pd-Bi, Pd-Pb-Bi, Pd-As, Pd-Ni-As, Pt-Te-Bi, Pd-Te-Bi, Pt-S, Pd-Ni-S, Pt-Pd-Ni-S. Соединения палладия со свинцом и соединения палладия с оловом и медью отмечаются только в месторождения медно-никелевых руд Норильска и Талнаха [15; 34, с. 241–265]. Кристаллизация платиновых минералов происходит не из сульфидного расплава, а из обособившихся из него флюидов, содержавших помимо платиновых и других металлов летучие компоненты. Об этом свидетельствует присутствие в рудах минералов, содержащих OH, F, Cl, и ассимилирующего с платиновыми минералами калий- и хлорсо-

держашего джерфишерита. Кроме Pt и Pd, флюиды были обогащены Bi, Sb, As, Sn, Pb. Флюиды распределялись в сульфидном расплаве в виде диспергированных капель, из которых происходила кристаллизация платиновых минералов после образования халькопирита и других сульфидов [119, с. 175 - 192].

На отдельных участках рудных залежей наблюдается обособление различных минеральных разновидностей руд, что формирует минеральную зональность в сплошных рудах, которая является одной из важнейших особенностей процесса рудообразования в месторождениях Норильской провинции [15, с. 136–157]. Зональное строение рудных тел проявляется не только в размещении минеральных разновидностей руд, но и в закономерном изменении состава рудных минералов. Образование простого типа зональности в сплошных рудах происходит при высоких температурных градиентах с относительно быстрым остыванием расплава [42, с. 147–150; 116, с. 291–294]. Сложная зональность в крупных рудных телах возникает в условиях медленного остывания при полном отделении богатого медью расплава. В центральной части ТРУ выделяется территория с наиболее простым строением рудной зоны, а в различных направлениях от нее распределены участки со сложным строением.

Месторождения ТРУ отрабатываются двумя рудниками: «Комсомольский» и «Таймырский» (рис. 7.1).

На руднике «Комсомольский» добыча богатых руд ведется с 1971 г. В состав рудника вошли рудник «Маяк» и строящийся рудник «Скалистый», которые теперь именуется как шахта «Маяк» и шахта «Скалистая». Главная причина объединения – их общее рудное поле. Шахта «Скалистая» располагается в северо-восточной части Талнахского месторождения.

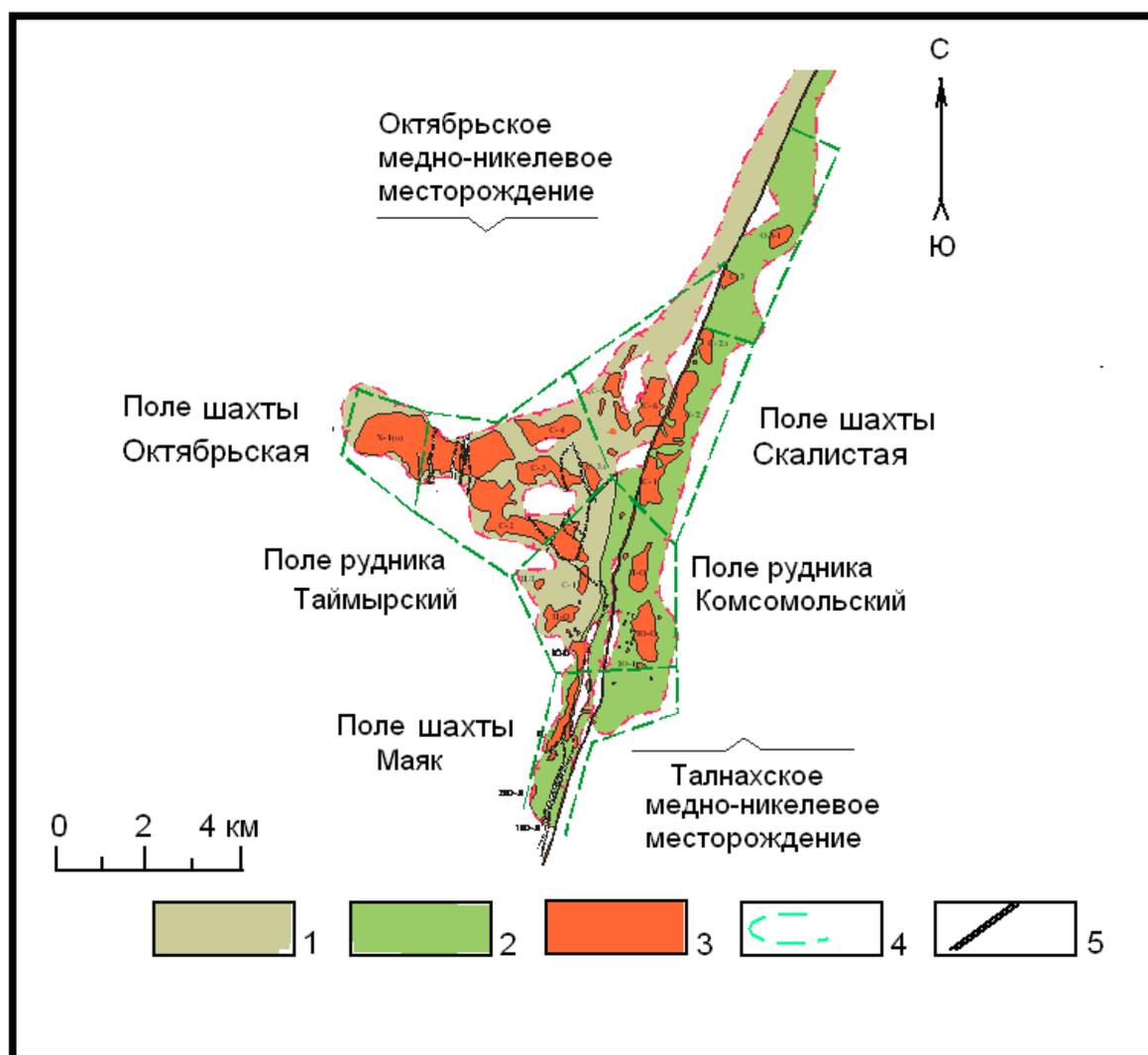


Рис. 7.1. Схема Талнахского рудного узла (по материалам ПО «Норильскгеология», 1998): 1–2 медно-никелевые месторождения: 1 – Октябрьское; 2 – Талнахское; 3 – залежи богатых сплошных медно-никелевых руд; 4 – границы рудничных и шахтных полей; 5 – зона главного Норильско-Хараелахского разлома

По качеству и товарной ценности руда «Скалистой» уступает лишь уникальной руде шахты «Октябрьский». Шахта «Маяк» находится в южной части Талнахского месторождения, эксплуатируется с 1965 г. На шахте «Маяк» добываются «медистые» и вкрапленные руды, запасы богатых руд отработаны. Восточное крыло рудника «Комсомольский» нарушено тектоническими разрывами по западному флангу залежи.

Октябрьское месторождение, расположенное в западном борту Норильско-Хараелахского разлома, разрабатывается Западным участком рудника «Комсомольский», рудником «Таймырским» и шахтой «Октябрьская». Запад-

ное крыло рудника «Комсомольский» (горизонты -471 м и -420 м) разбито большим количеством тектонических нарушений, среди которых преобладают субпараллельные Норильско-Хараелахскому разлому с крутым восточным падением. В рудном поле рудника «Таймырский» рудные залежи осложнены разрывной тектоникой, здесь выделяется Большой горст, являющийся границей полей шахты «Октябрьская» и рудника «Таймырский» (горизонты -750 м – -1200м).

Минеральная сырьевая база Норильского горно-рудного района представлена месторождениями сульфидных медно-никелевых руд (Cu-Ni), которые в настоящее время интенсивно разрабатываются. В связи с этим особую актуальность приобретает задача поисков сульфидных Cu - Ni руд в пределах месторождений, фланги и глубокие горизонты которых изучены недостаточно. В качестве одного из методов прогноза предложен анализ рудно-геохимической зональности рудных тел, приуроченных к рудоносным интрузивам. Автором рассмотрены элементы площадной рудно-геохимической зональности в рудных телах, которая позволяет определить участки рудоносных зон в полнодифференцированных интрузивах, которые обладают наивысшей степенью рудоносности [95, 99].

Для моделирования рудно-геохимической зональности использовались аналитические данные по керну скважин. Параметры разведочной сети составляли от 100 × 200 м до 50 × 50 м. На схемах и диаграммах, где показано распределение параметров значений Ni/Cu и (Pt+Pd)/(Ru+Ir+Os), вынесены только опорные скважины. Аналитические исследования проводились в Центральной химической лаборатории Норильского горно-металлургического комбината и лабораториях Аналитического центра ОИГТМ СО РАН г. Новосибирска. Определение концентрации рудных элементов проводилось атомно-абсорбционным методом. Моделирование основано на результатах анализов, приведенных в табл. 7.5 и Приложениях 8 и 9.

Таблица 7.5

Средний химический состав медистых руд Талнахского рудного узла*

Компоненты	Октябрьское месторождение (рудник, шахта)			Талнахское месторождение (рудник, шахта)				Среднее по ТРУ
	Октябрьский	Комсомольский	Среднее	Комсомольский	Скалистый	Маяк	Среднее	
1	2	3	4	5	6	7	8	9
Ni, %	1.10	0.76	1.01	0.79	0.74	0.65	0.78	0.93
Cu, %	4.95	2.19	4.18	1.97	2.06	3.21	2.04	3.5
Cu/Ni	4.5	2.9		2.5	2.8	4.9		
Co, %	0.041	0.023	0.036	0.024	0.021	0.022	0.023	0.022
S, %	13.51	9.28	12.19	7.86	7.02	5.73	7.64	10.73
г/т								
ΣPt	11.61	8.75		9.39	7.08	9.96	9.27	10.28
Платина	2.24	1.74		2.00	1.68	2.30	2.00	2.07
Палладий	9.17	6.63		6.91	4.98	7.24	6.8	7.87
Родий	0.05	0.04		0.1	0.06	0.06	0.09	0.06
Иридий	0.02	0.02		0.03	0.03	0.03	0.03	0.02
Рутений	0.11	0.29		0.32	0.3	0.3	0.32	0.22
Осмий	0.02	0.03		0.03	0.03	0.03	0.03	0.04
Золото	0.72	0.49		0.41	0.28	0.5	0.4	0.56
Серебро	13.34	6.97		9.73	7.42	9.44	9.44	10.67
Селен	18.73	13.1		14.65	11.23	21.26	14.59	16.17
Теллур	6.59	4.82		6.66	5.77	3.31	6.38	6.14
%								
Свинец	0.006	0.008	0.007	0.006	0.0015	0.006	0.006	0.007
Цинк	0.015	0.032	0.02	0.02	0.0123	0.02	0.018	0.019
Мышьяк	0.002	0.002	0.003	0.003			0.003	0.002
Висмут		<0.005	<0.002					0.002
Олово	0.01	<0.01	0.01					<0.01
Молибден	0.0016		0.0011					0.0011
%								
SiO ₂	23.3	24.56	23.72	34.8	42.57	41.27	36.07	27.67
Al ₂ O ₃	7.44	7.22	7.57	11.24	11.78	12.94	11.39	8.79
Fe	21.32	10.86	17.83	10.72	10.72	9.77	10.63	15.89
TiO ₂	0.65	0.44	0.58	0.54	0.54	0.76	0.53	0.57
Cr ₂ O ₃	0.01	0.009	0.009	0.013		<0.01	0.012	0.009
MnO	0.082	0.16	0.11	0.07		0.1	0.07	0.1
MgO	7.96	13.24	9.67	8.33	5.89	7.05	7.97	9.13
CaO	13.13	18.39	14.83	16.67	10.93	9.38	13.6	15.08
Na ₂ O	0.16	0.22	0.17	0.17		2.81	0.4	0.23

* Приведена по материалам «Технологическая инструкция по обогащению руд на Талнахской обогатительной фабрике, 2004.

Установлена контрастная геохимическая зональность рудных образований на уровнях рудного узла, месторождений и рудных тел, основанная на ранжированных рядах коэффициентов разделения Ni/Cu и $K_p = (Pt+Pd)/(Ru+Ir+Os)$, иллюстрирующих процесс рудообразования в условиях фракционирования сульфидного расплава, характерного для сульфидных медно-никелевых с платиноидами руд норильских месторождений.

В рудных образованиях существенно пирротинового состава значения $Ni/Cu \geq 1$, а отношения $(Pt+Pd)/(Ru+Ir+Os) \leq 10$. Рудно-геохимическая зональность рассматривались по горизонтам вкрапленных, прожилково-вкрапленных («медистых») и сплошных руд.

7.1. Геохимическая зональность рудоносной зоны Талнахского месторождения

Для руд Талнахского месторождения характерны тела с простым строением. В рудных залежах здесь преобладают в основном пирротиновые руды, в приконтактных участках в виде оторочек может развиваться халькопирит.

Зональность руд проявлена на таких участках в относительном обогащении руд халькопиритом от центра залежи к флангам. В поле рудника сульфидные медно-никелевые руды представлены тремя промышленными типами руд: богатыми (сплошными), вкрапленными в интрузиве и «медистыми» – вкрапленными во вмещающих породах. Богатые руды представлены залежами, линзами сплошных сульфидов с ксенолитами в экзоконтакте вмещающих пород. Горизонт вкрапленного оруденения залегает в придонной части интрузива в такситовых, пикритовых и контактовых габбродолеритах. «Медистые» руды образуют горизонты в кровле и почве залежей богатых руд, их морфология и состав определяются литолого-структурным контролем процесса их образования. Основными рудными минералами всех типов руд являются: пирротин, халькопирит и его разновидности, пентландит и кубанит. Богатые руды представлены Талнахскими залежами: первой (скв. 1769), второй (скв. 1796).

Первая Талнахская залежь протягивается с юга на север в соответствии с погружением Северо-восточной интрузивной ветви Талнахского интрузива на расстояние около 1400 м при ширине до 600 м. По принятой методике оконтуривания богатых руд она отделяется от второй Талнахской пережимом, но по метропроценту составляет с ней одно целое. Морфология первой залежи обусловлена синклинальной структурой в приразломной части массива (рис. 7.2). На западе наблюдается резкое тупое выклинивание рудного тела

вблизи главного шва Норильско-Хараелахского разлома. В почве сплошных руд залегают известняки каларгонской свиты (80% площади), измененные и оруденелые на контакте, а на флангах залежи вмещающими породами являются терригенные отложения тунгусской серии (до 10% площади), представленные в основном кварц-полевошпатовыми роговиками. Контакты богатых руд с подстилающими и перекрывающими породами четкие, резкие, ровные, полого волнистые, ослабленные за счет развития в зальбандах вторичных минералов.

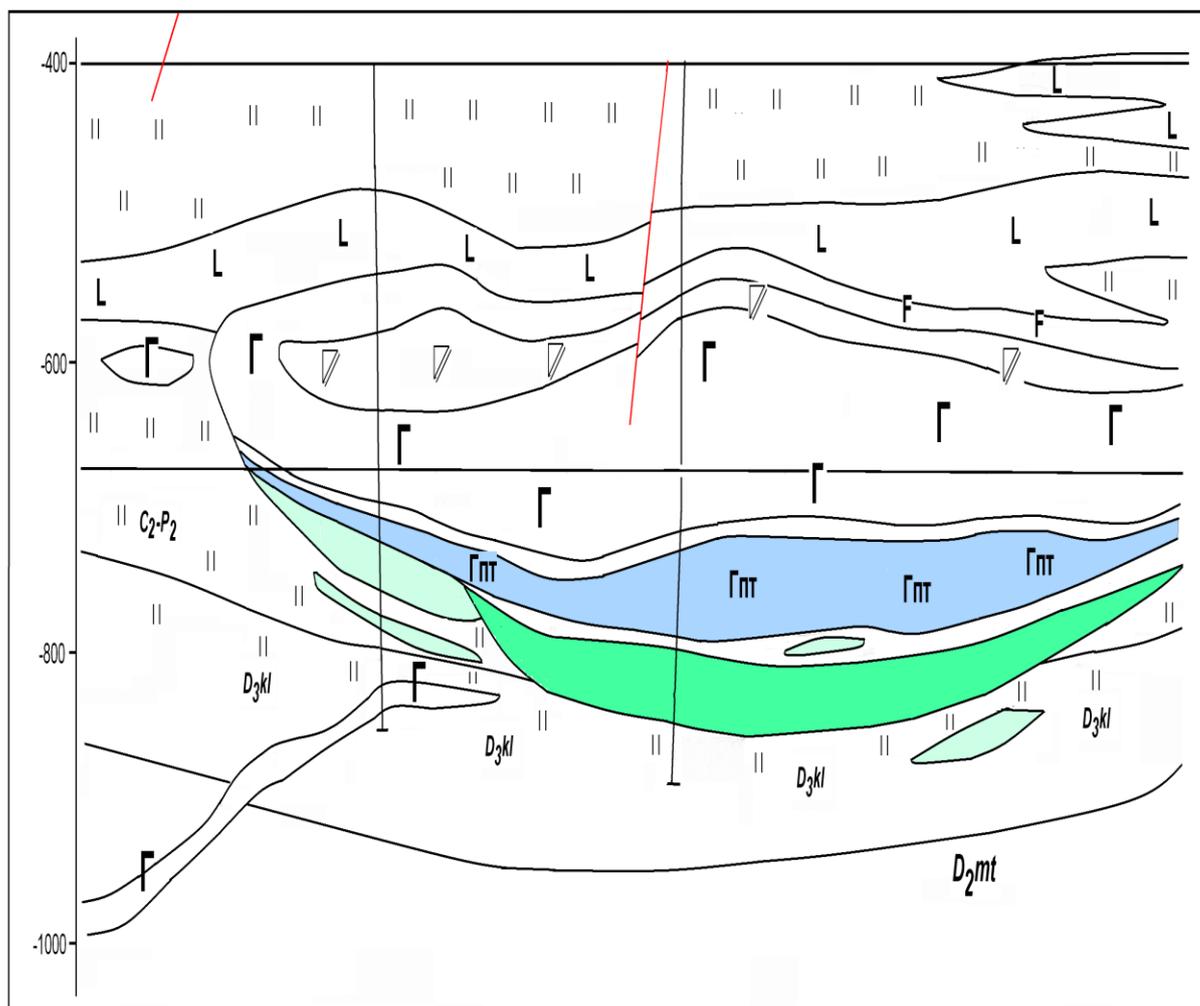


Рис. 7.2. Широтный геологический разрез первой Талнахской залежи (по материалам ПО «Норильскгеология»: 1–2 – вмещающие отложения: 1 – тунгусской серии, 2 – каларгонской свиты; 3 – кварцполевошпатовые роговики; 4 – долериты ергалахского комплекса; 5–6 – габбродолериты дифференцированного Талнахского интрузива: 5 – лейкогаббро, безоливиновые и оливиновые, 6 – пикритовые и такситовые с вкрапленным оруденением; 7 – сплошные руды; 8 – прожилково-вкрапленные; 9 – разломы

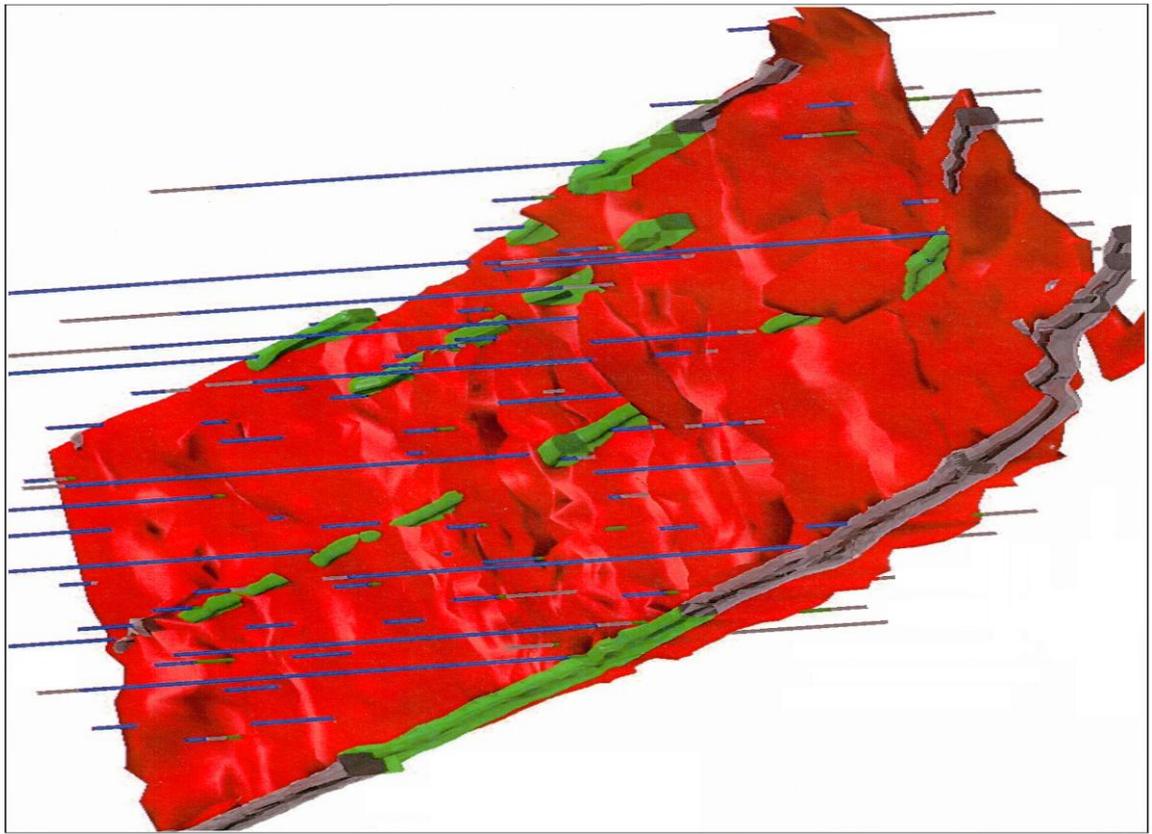


Рис. 7.3. Строение рудной залежи первой (по материалам геологов рудника)
условные обозначения на рис.7.5)

(ус-

Медистые руды представляют собой линзовидные тела с оруденением прожилково-вкрапленного типа в роговиках тунгусской серии и в известняках каларгонской свиты верхнего девона (см. рис. 7.4). Площадь распространения горизонта прожилково-вкрапленного оруденения сопоставима с площадью залегания залежей сплошных руд. В плане и разрезе медистые руды имеют сложную морфологию и распадаются на ряд рудных тел в виде протяженных разрозненных линз. По минеральному составу медистые руды пирротиновые, в которых можно выделить две разновидности – пирротиновую и халькопирит-пирротиновую, на отдельных участках развиты валлериитовые руды в серпентинизированных породах.

Вкрапленные руды приурочены к нижней части дифференцированной рудоносной интрузии (пикритовые и такситовые габбродолериты) и прослеживаются в виде единого горизонта на расстояние около 9 км шириной от 600 до 900 м (рис. 7.4).

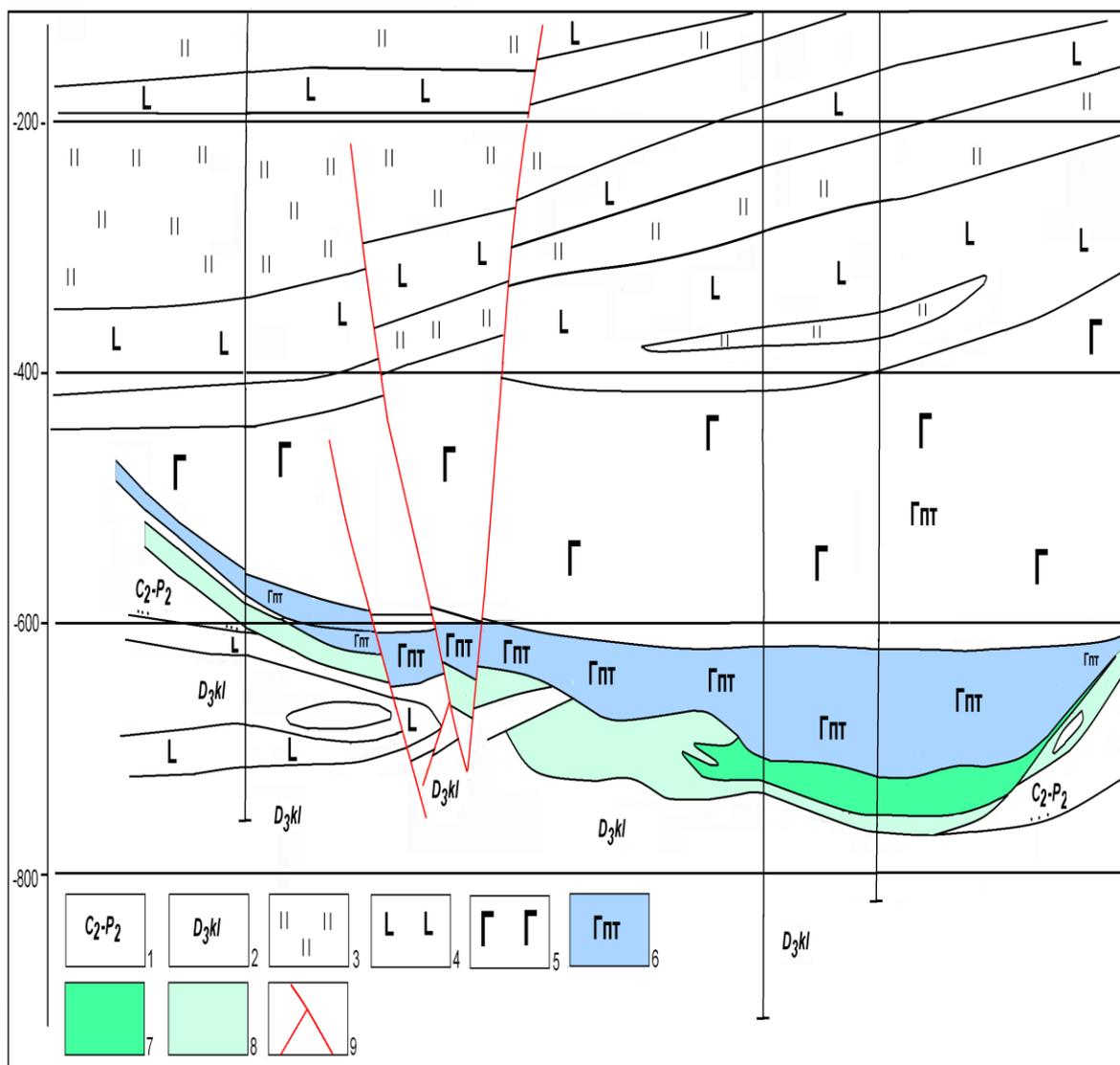


Рис. 7.4. Широтный геологический разрез второй Талнахской залежи (по материалам ПО «Норильскгеология»: 1–2 – вмещающие отложения: 1 – тунгусской серии, 2 – каларгонской свиты; 3 – кварцполевошпатовые роговики; 4 – долериты ергалахского комплекса; 5–6 – габбродолериты дифференцированного Талнахского интрузива: 5 – лейкогаббро, безоливиновые и оливиновые, 6 – пикритовые и такситовые с вкрапленным оруденением; 7 – сплошные руды; 8 – прожилково-вкрапленные; 9 – разломы

Их максимальная мощность достигает 50 м. Минеральный состав – халькопирит-пирротиновый, на отдельных участках в южной части поля шахты развиты халькопиритовые руды. Разновидности вкрапленных руд с троилитом и кубанитом характерны для горизонтов пикритовых габбродолеритов. **Зональность рудоносной зоны Талнахского месторождения.** В пределах изученного разреза вкрапленных руд Талнахского месторождения максимальные содержания никеля отмечаются по скв. 1540, где они существенно

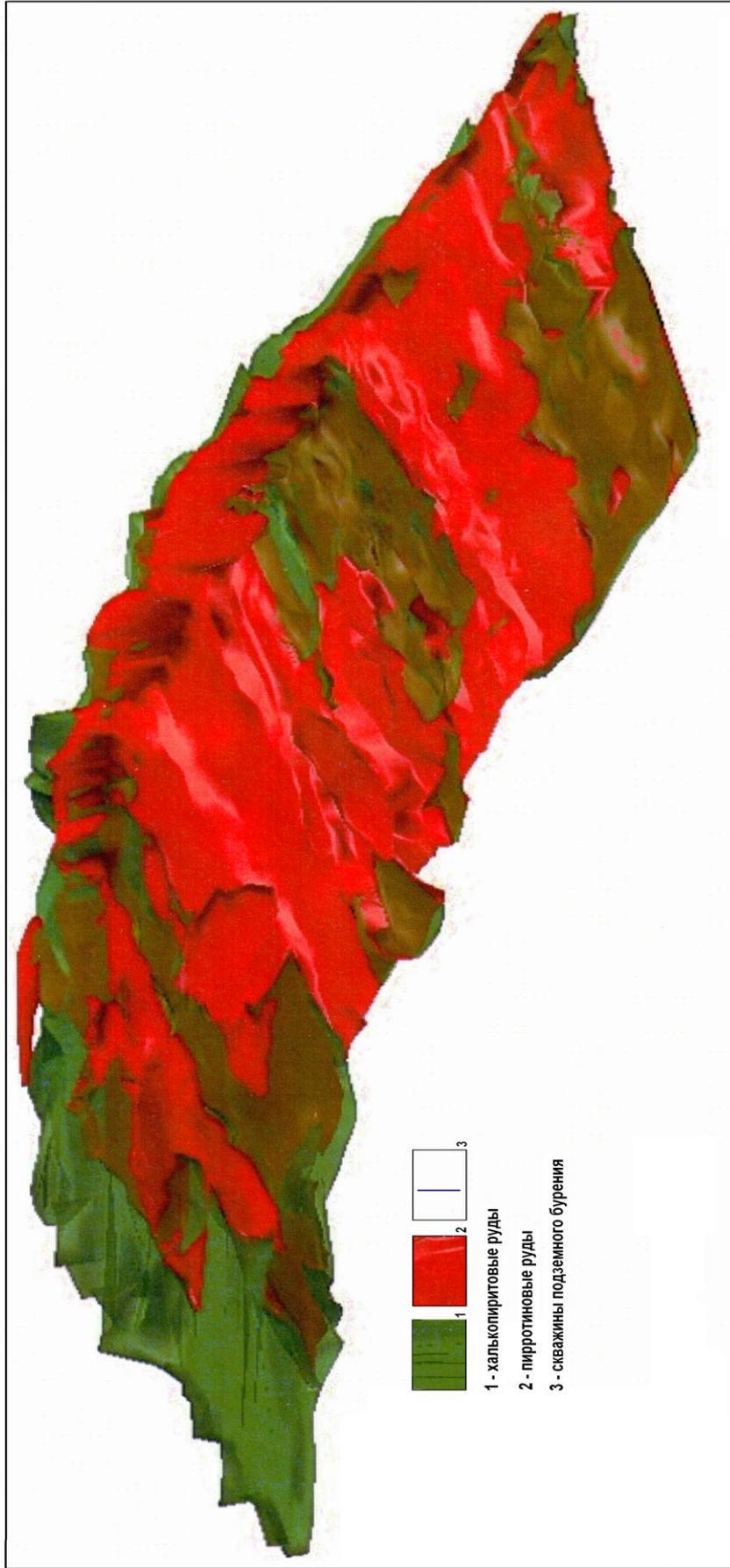


Рис.7.5. Рудная залежь вторая (по материалам геологов рудника): 1 – халькопиритовые руды; 2 – пирротиновые; 3 – орт

пентландит-пирротинового состава (представлены в основном моноклинным пирротинном, троилитом и в подчиненном количестве пентландитом). Обогащение сульфидной минерализации никелем наблюдается в направлении от флангов месторождения к центру (рис. 7.6). В распределении меди наблюдается обратная закономерность, когда ее содержание увеличивается по обе стороны от скв. 1540, то есть от центра к флангам (рис. 7.6). Как следствие, в рудах скв. 1540 отношение Ni/Cu достигает максимальных значений (8.64) (рис. 7.6), что характерно для центральных частей магматических камер, где образование сульфидной минерализации происходило преимущественно в первичную стадию сегрегации высокотемпературных Fe-Ni сульфидов пирротина и пентландита.

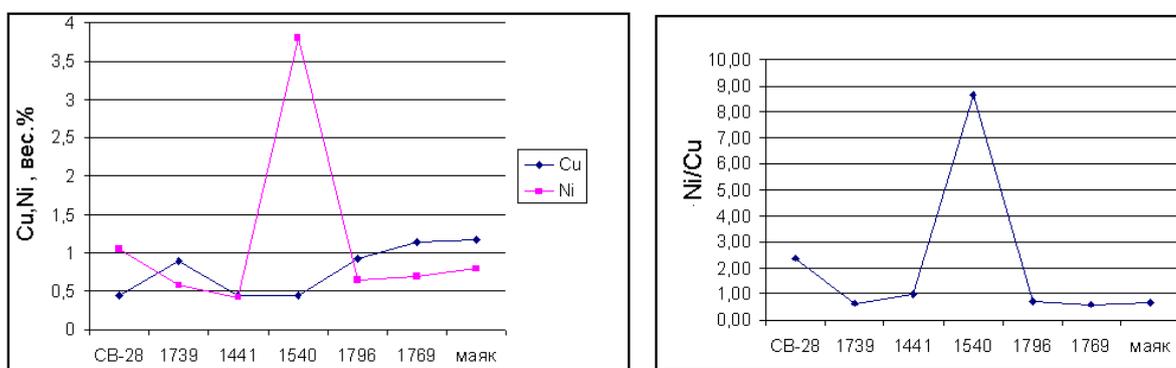


Рис. 7.6. Распределение Cu, Ni и отношения Ni/Cu по горизонту вкрапленных руд Талнахского месторождения (продольная латеральная зональность): скв. СВ-28 – фланги Талнахского месторождения; скв. 1441, 1739, 1540, 1796 – вторая залежь; скв. 1769 – первая залежь; шв – шахта «Восточная»; маяк – поле рудника «Маяк»

Распределение значений параметров $K_p = (Pt+Pd)/(Ru+Ir+Os)$ в залежах вкрапленных руд в обобщенном виде представлено на рис. 7.7 и 7.8. При построении диаграмм использовались усредненные значения содержаний Cu, Ni, Co, Pt, Pd, Ru, Ir, Os, сгруппированных по залежам. Максимальные значения K_p отмечены в первой залежи Талнахского месторождения. Продольная зональность прожилково-вкрапленных медистых руд представлена на рис. 7.10 и 7.11. Минимальное содержание Cu и максимальное значение отношения Ni/Cu наблюдается во второй залежи (скв. 1796) (рис. 7.10, фигуры А, Б). Согласно тренда параметров отношений $(Pt+Pd)/(Ru+Ir+Os)$ и Jr/Au (рис. 7.11, фигуры А, Б), процесс обогащения сульфидного расплава Pt, Pd, Au и обеднение Ru, Ir и Os в

процессе фракционирования максимально проявлен в рудах первой залежи поля рудника «Комсомольский» (скв. 1769).

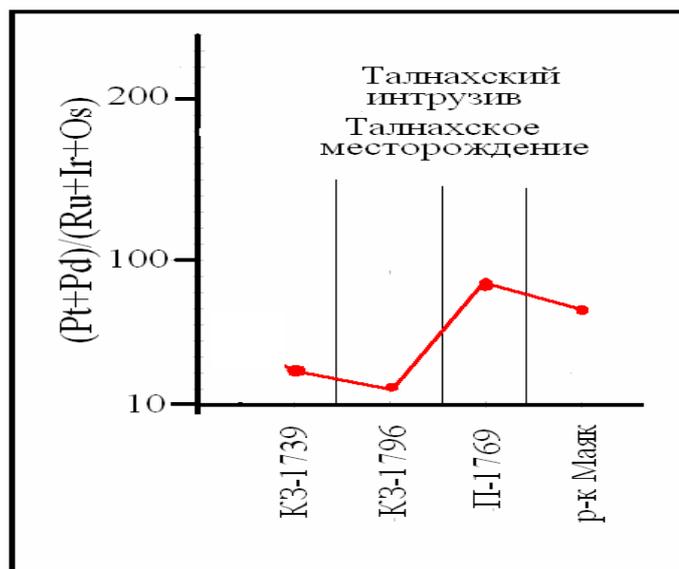


Рис. 7.8. Распределение параметров отношения $(Pt+Pd)/(Ru+Ir+Os)$ по горизонту вкрапленных руд Талнахского месторождения (скв. П-1769 – первая залежь, скв. КЗ-1796 и 1739 – вторая залежь)

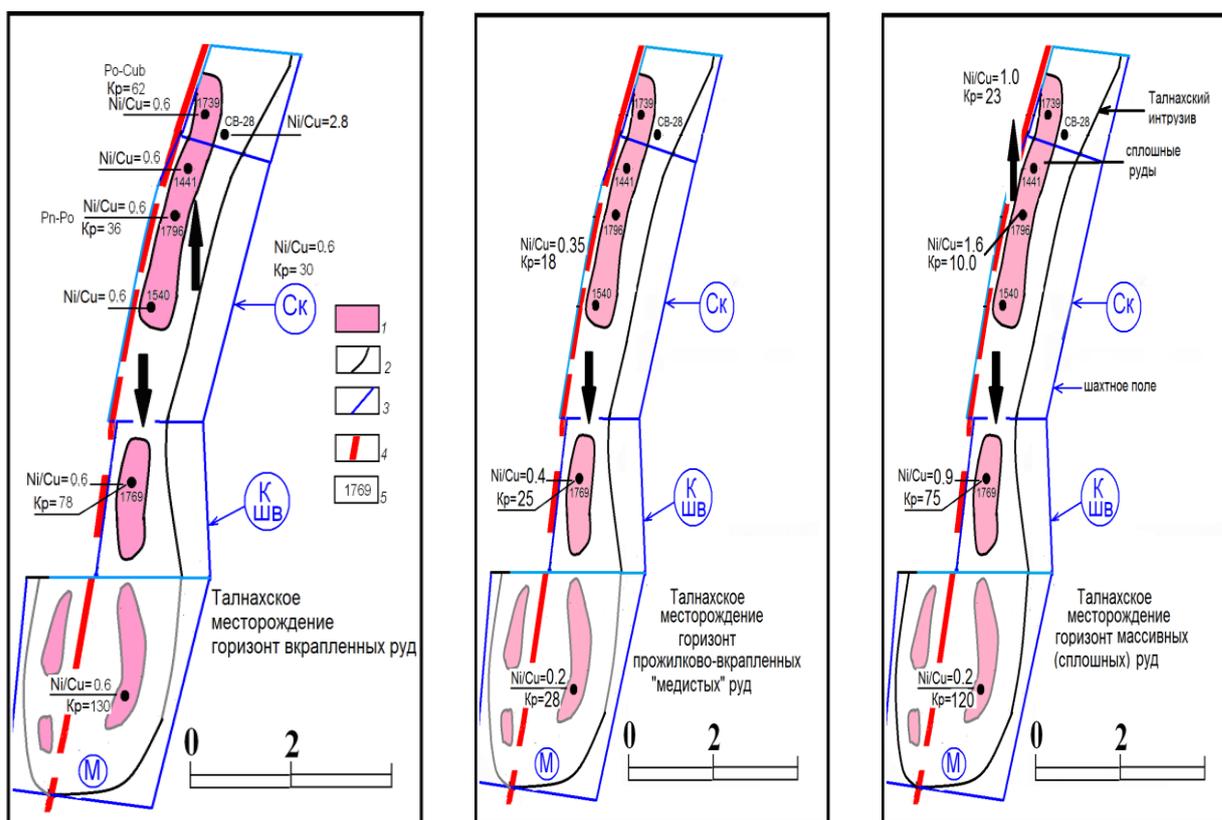


Рис. 7.9. Зональность рудоносной зоны Талнахского месторождения (по материалам ПО «Норильскгеология»)

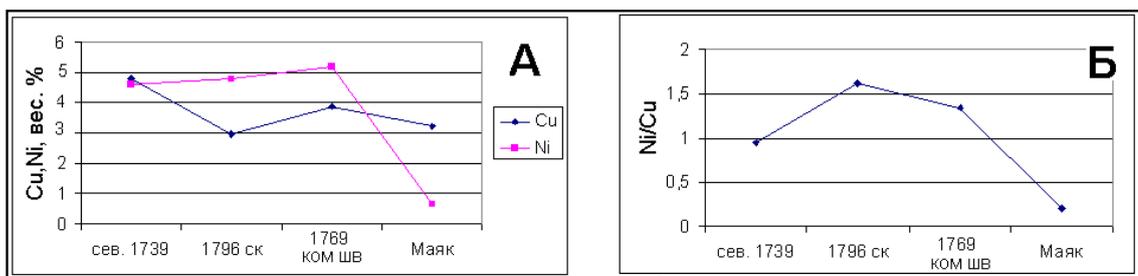


Рис. 7.10. Распределение Cu и Ni (А) и параметров отношения Ni/Cu (Б) по горизонту прожилково-вкрапленных медистых руд (продольная латеральная зональность Талнахского месторождения)

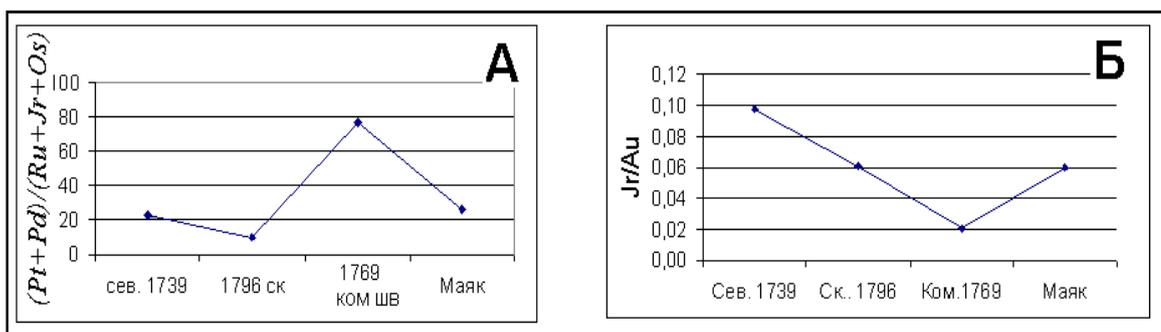


Рис. 7.11. Распределение параметров отношения (Pt+Pd)/(Ru+Ir+Os) (А) и Jr/Au (Б) в сульфидной минерализации горизонта «медистых» руд (продольная латеральная зональность Талнахского месторождения)

Распределение значений параметров Ni/Cu и $Kp = (Pt+Pd)/(Ru+Ir+Os)$ в залежах сплошных руд в обобщенном виде представлено на рис. 7.9. Установлено, что в центральной части (вторая залежь, поле шахты «Скалистая») рудоносной зоны (сплошные руды пирротинового состава) выделены максимальные значения $Ni/Cu = 1.6$ и минимальные $Kp = (Pt+Pd)/(Ru+Ir+Os) = 10$ (см. рис. 7.9). В южной фронтальной зоне Талнахского интрузива (шахтном поле шахты «Маяк»), где руды максимально обогащены Pt и Pd (руды халькопиритового и борнит-халькозинового состава), значения отношения Ni/Cu минимальные (0.2), а $Kp = (Pt+Pd)/(Ru+Ir+Os)$ максимальные (120). По горизонтам вкрапленных и медистых руд отмечена зональность, подобная выявленной в сплошных рудах.

Зональность рудного тела: от центра залежи (скв. 1796, пирротинный состав руд) к флангам (скв. 1739, пирротин-кубанитовый состав) происходит увеличение значений Kp и Ni/Cu .

Обобщенная зональность рудных образований Талнахского месторождения. В центральной зоне Талнахского интрузива тела сплошных руд имеют простую минеральную зональность и представлены в основном высокосернистой ассо-

циацией ($S/Cu = 7.0-9.0$) пирротинового состава с минимальными значениями $(Pt+Pd)/(Ru+Ir+Os) (= 10.0)$ и максимальными $Ni/Cu = 1.6$. На флангах рудные тела сложены пирротин-кубанитовой минерализацией, где значения $Ni/Cu = 0.9$, и $Kp = 30-75$ (см. рис. 7.10). Южная фронтальная зона месторождения фиксируется экстремально высокими для месторождения значениями $(Pt+Pd)/(Ru+Ir+Os) (=120)$ и самыми низкими $Ni/Cu (= 0.2)$.

7.2. Геохимическая зональность рудоносной зоны Октябрьского месторождения

В пределах Октябрьского месторождения наиболее детально рассматривается зональность рудных образований в пределах рудника «Таймырский» и шахты «Октябрьская». В пределах поля рудника наблюдается многоярусное развитие оруденения. Выделяются три промышленных типа медно-никелевых руд на глубинах от 450 до 1050 м: богатые (сплошные), вкрапленные в интрузии и «медистые» (прожилково-вкрапленные во вмещающих интрузив породах). Геологический разрез рудной зоны показан на рис. 7.12.

Наибольшую сложность в строении рудной зоны вносят различные по ориентировке и амплитуде разрывные нарушения. Рудное тело на таких участках имеет мозаично-блоковое строение вследствие широкого развития сбросовых и сбросово-сдвиговых деформаций, осложненных мелкоамплитудными смещениями и оперяющими трещинами (рис. 7.12, 7.13).

Основная залежь богатых руд приурочена к приподошвенной части интрузии габбродолеритов и представляет собой в целом пластообразное тело, падающее в восток-северо-восточном направлении под углом $13-15^\circ$ (см. рис. 7.12, 7.13).

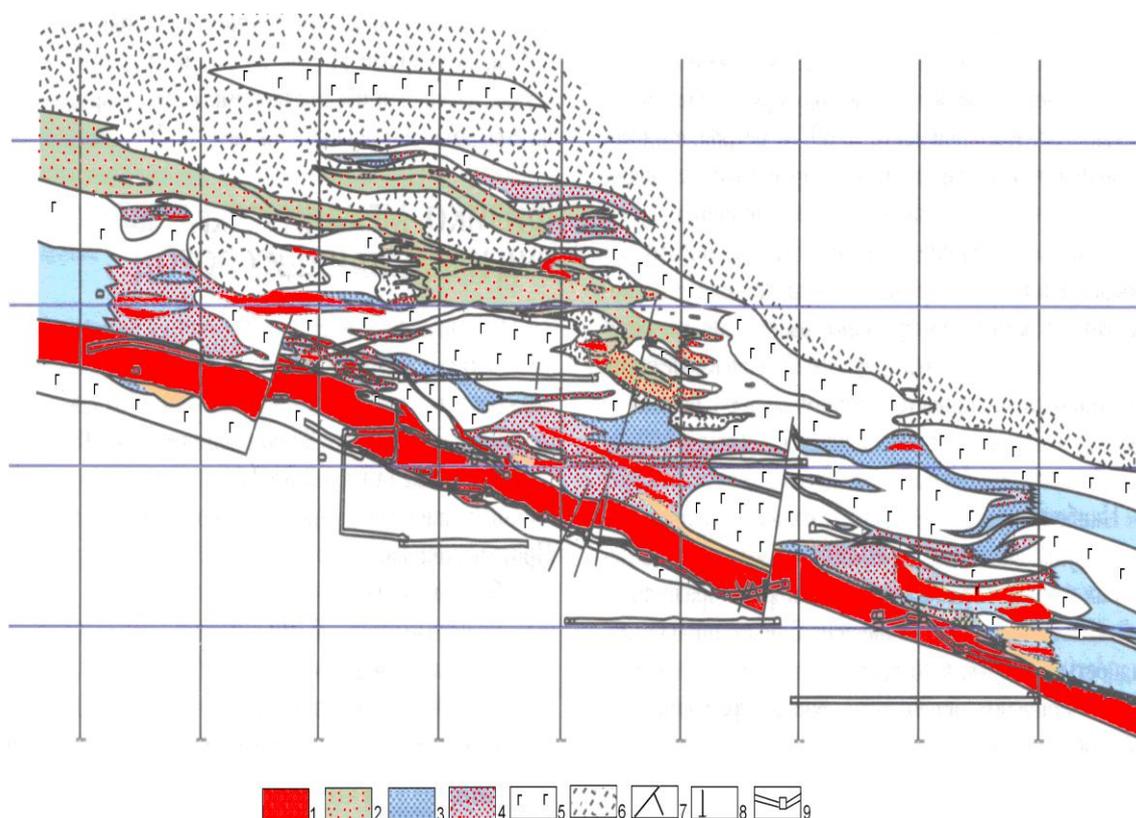


Рис. 7.12. Геологический разрез по разведочному орту (по данным геологического отдела рудника «Октябрьский», 2011): 1 – сплошные руды; 2 – медистые руды; 3 – вкрапленные руды бедно вкрапленные; 4 – вкрапленные руды богато вкрапленные; 5 – габбродолериты; 6 – роговики; 7 – тектонические нарушения; 8 – скважины; 9 – горные выработки

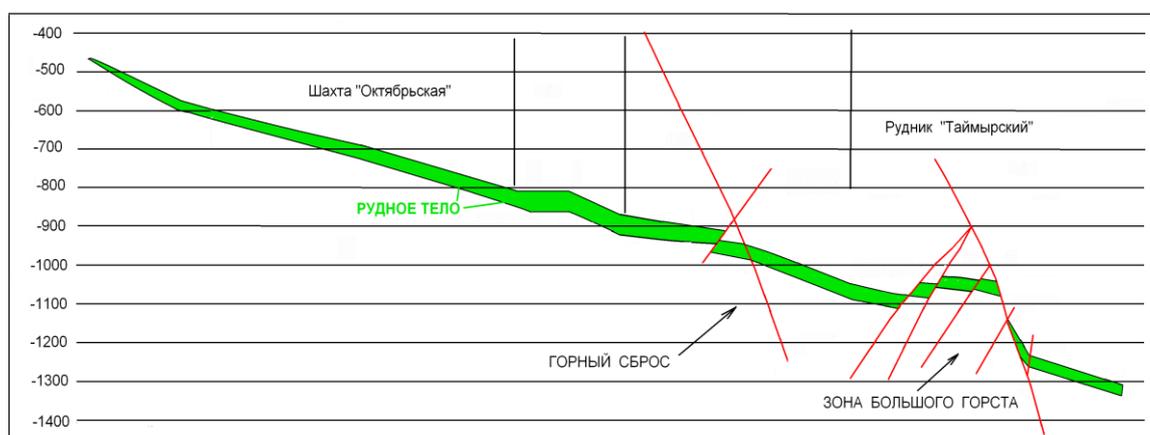


Рис. 7.13. Строение залежи сплошных руд в поле рудника «Таймырский» (по данным геологического отдела рудника «Октябрьский», 2011)

Мощность богатых руд меняется в широких пределах: от первых метров в местах пережимов и на выклинивании до 40–45 м – в раздувах.

Медистые руды являются наиболее сложными геологическими образованиями. Они локализуются преимущественно в грабенообразных структурах,

образованных в верхнем эндо- и экзоконтактах дифференцированного интрузива, в результате проседания его отдельных тектонических блоков. Залежи медистых руд представляют собой многоярусную, часто кулисообразную зону оруденения, мощностью в центральной части до 60–70 м, с многочисленными некондиционными прослоями вмещающих пород как осадочных, так и интрузивных (см. рис. 7.12). Медистые руды представлены двумя главными рудообразующими минералами: пирротином и халькопиритом. Поэтому минеральные разновидности обусловлены вариациями этих двух минералов в сочетании с пентландитом, присутствующим во всех разновидностях примерно в равных количествах (около 10% от общей массы сульфидов). Наиболее распространены в горизонтах пирротиновые руды, занимающие 70–80% от всего объема «медистых» руд. При этом пирротиновые руды представлены в основном своей брекчиевидной текстурной разновидностью (65%), в то время как густо вкрапленные руды составляют около 10%, богато вкрапленные – 10%, бедно вкрапленные – 15%. «Медистые» руды, обогащенные халькопиритом, обычно тяготеют к кровле рудных горизонтов.

Между залежами сплошных и «медистых» руд залегают вкрапленные руды (см. рис. 7.12). По минералогическому составу они также представлены, в основном, халькопирит-пирротиновыми разновидностями и приурочены к горизонтам пикритовых и такситовых габбродолеритов. Общая площадь распространения их совпадает с «медистыми» рудами. Характерно их залегание линзами, глыбовыми рудными телами и пластообразными залежами неправильной в плане формы. Кровлей и почвой их являются породы интрузии.

Зональность рудоносной зоны Октябрьского месторождения. Во вкрапленных рудах максимальные содержания Cu, Ni, Pt, Au отмечаются в центральной (скв. 1162, рис. 7.14, 7.15) и восточной (скв. 1812) частях Октябрьского месторождения. Далее, к западу распределение Cu и Ni относительно равномерное.

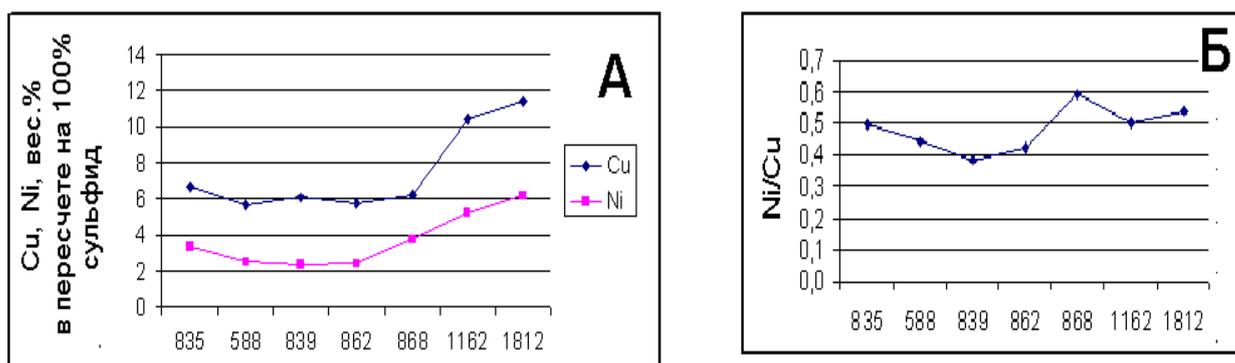


Рис. 7.14. Распределение Cu и Ni (А); отношения Ni/Cu (Б) по горизонту вкрапленных руд Октябрьского месторождения: скв. 868 (поле рудника Таймырский), 862, 839, 588, 835 – западная часть месторождения (поле рудника Октябрьский); скв. 1162 – центральная часть месторождения; скв. 1812 – восточная часть месторождения

В пределах Октябрьского месторождения при достаточно низких содержаниях Ru, Ir и Os максимальные значения $(Pt+Pd)/(Ru+Ir+Os)$ во вкрапленных рудах отмечаются в западной (180), обогащенной медью, и центральной частях (120) Октябрьского месторождения (рис. 7.15).

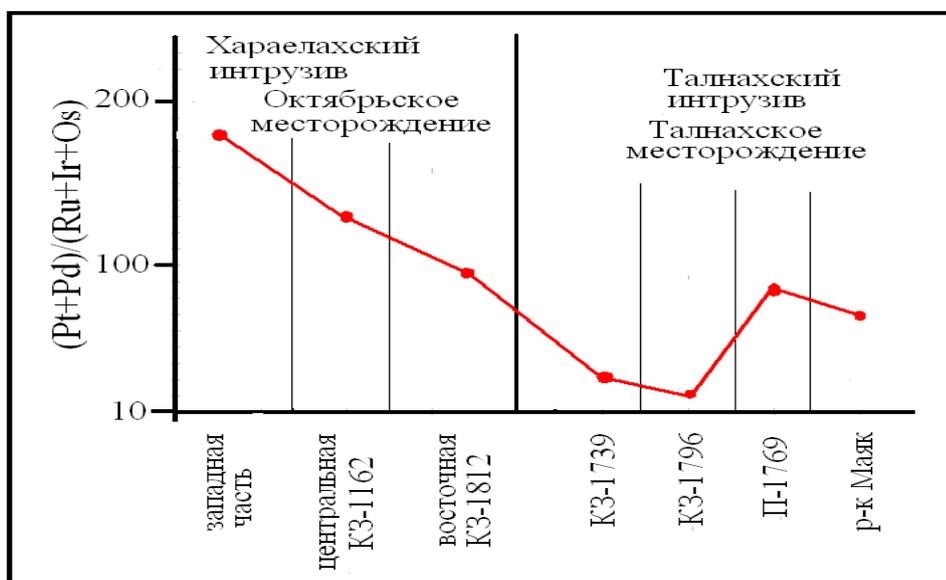


Рис. 7.15. Распределение параметров отношения $(Pt+Pd)/(Ru+Ir+Os)$ по горизонту вкрапленных руд Октябрьского и Талнахского месторождений

Массивные руды Октябрьского месторождения многообразны по составу: от существенно пирротиновых (с содержанием Cu 2–3 вес.%) до богатых медью (Cu = 27–32 вес.%) халькопиритовых и талнахит-моихукитовых и, как следствие, выделяется два типа минеральной зональности руд. Первый из них представляет ряд перехода от пирротиновых к собственно халькопиритовым рудам,

второй – от пирротиновых к кубанитовым и моихукитовым или талнахитовым. Яркий пример зональности второго типа дает залежь, расположенная в западной части месторождения (рис. 7. 16). Центральная часть залежи образована моихукитовыми и менее распространенными талнахитовыми рудами, которые по направлению к периферии постепенно сменяются кубанитовыми, затем – пирротиновыми. Переходная зона от кубанитовых к пирротиновым рудам всегда сложена троилитсодержащими разностями кубанитовых и пирротиновых руд. В вертикальном разрезе наиболее богатые медью талнахитовые и моихукитовые руды размещаются в прикровельных участках и по направлению к подошве залежи сменяются моихукит-талнахитсодержащими кубанитовыми рудами, а еще ближе к подошве – троилит-кубанитовыми и троилит-пирротиновыми или халькопирит-троилит-пирротиновыми рудами.

По мнению Радько В.А. зональность сливных сульфидных руд объясняется отгоном движущейся магмой к фронту залежи более легкой сульфидной составляющей. Это подтверждает полное совпадение латеральной зональности минеральных разновидностей сплошных руд от подводящих к выводящим каналам, от тыла к фронту камеры с убывающим рядом плотностей основных рудообразующих минералов: пирротин 4580–4770; троилит – минерал группы пирротина; моихукит 4380; талнахит 4360; халькопирит 4100 – 4300; кубанит 4080–4180 [109, с. 19–26].

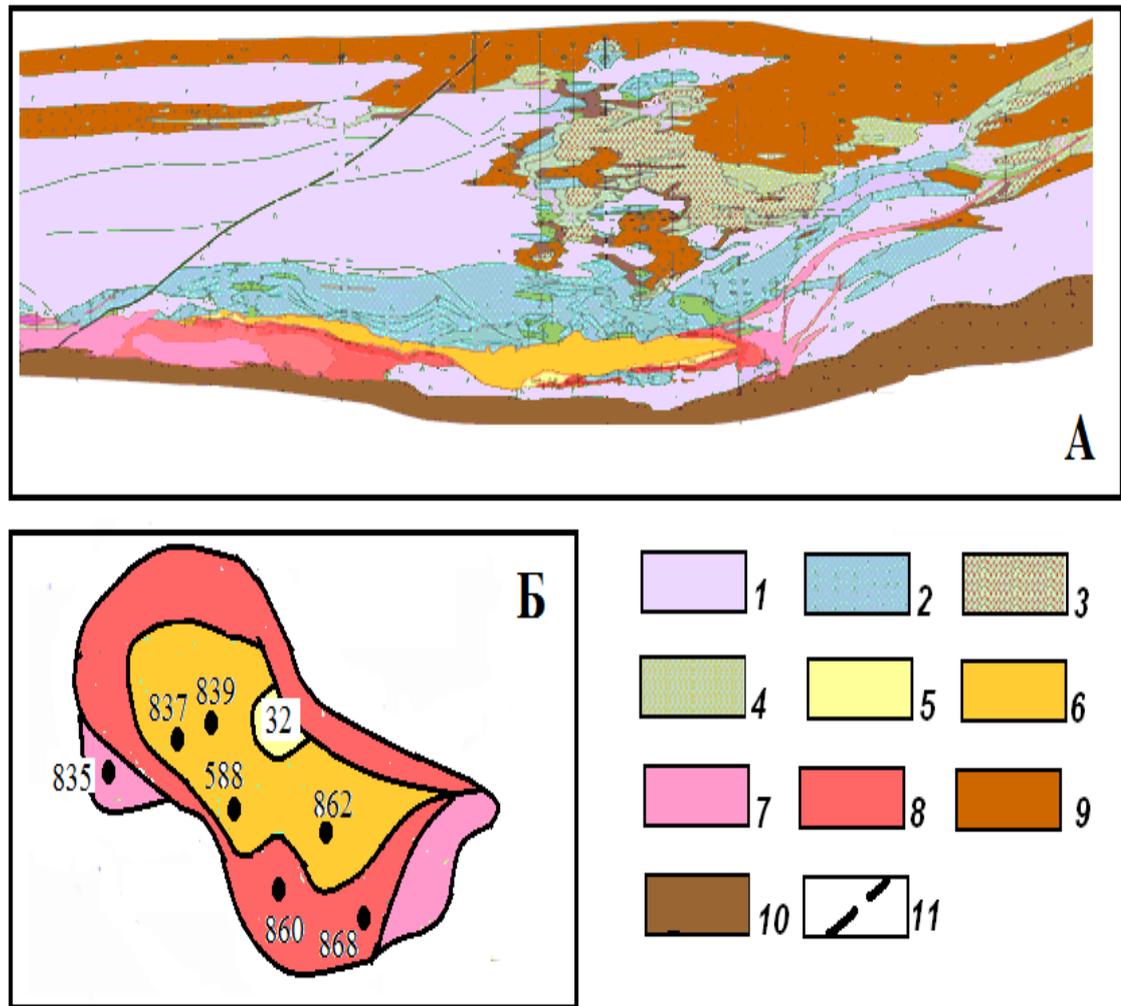


Рис. 7.16. Внутреннее строение рудоносной зоны (вне масштаба) (*А* – поперечный разрез; *Б* – минеральная и геохимическая зональность (по материалам ПО «Норильскгеология» с изменениями): 1 – рудоносный интрузив; 2 – вкрапленные руды; 3–4 – «медистые» руды: 3 – пирротиновый тип; 4 – халькопиритовый тип; 5–8 – сплошные руды: 5 – кубанит-моихукитовые ($Ni/Cu = 0,1-0,2$, $Kp = 1750$); 6 – моихукитовые ($Ni/Cu = 0,5-0,6$, $Kp = 304$); 7 – халькопирит-пирротиновые ($Ni/Cu = 0,9$, $Kp = 50$); 8 – халькопирит-пирротин-кубанитовые ($Ni/Cu = 0,6$, $Kp = 167$); 9 – сульфатно-карбонатные отложения среднего девона (мангуровская свита); 10 – мергели и аргиллиты нижнего девона (разведочнинская свита); 11 – постинтрузивные нарушения

Зональность рудоносной зоны Октябрьского месторождения (горизонт сплошных руд): в центральной и восточной частях (преобладают халькопирит-пирротиновые и пирротин-кубанитовые руды) $Ni/Cu = 0,9$ и $Kp = 40-70$; в западной (высокомедистые халькопиритовые, кубанитовые и моихукитовые) $Ni/Cu = 0,7 - 0,2$, $Kp = 167-1750$ (см. рис. 7.16, рис. 7.17, 7.20).

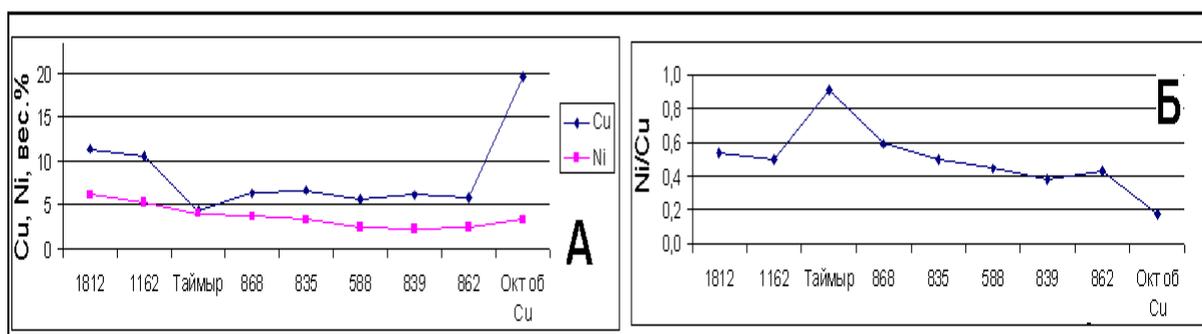


Рис. 7.17. Распределение Cu и Ni (А); отношения Ni/Cu (Б) по горизонту сплошных руд Октябрьского месторождения: скв. 868 (поле рудника Таймырский), 862, 839, 588, 835 – западная часть месторождения (поле рудника Октябрьский); скв. 1162 – центральная часть месторождения; скв. 1812 – восточная часть месторождения

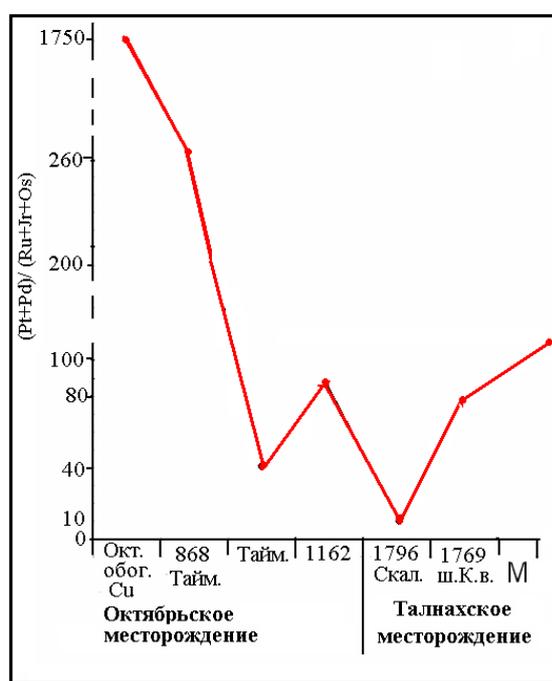


Рис. 7.18. Распределение параметров отношения $(Pt+Pd)/(Ru+Ir+Os)$ по горизонту сплошных руд Октябрьского и Талнахского месторождений: Окт. – западная часть месторождения, где руды обогащены медью; 868 – кубанитовые руды; Тайм – кубанит-пирротиновые руды; 1162 – центральная часть Октябрьского месторождения; 1796 Скал. – вторая залежь Талнахского месторождения; 1769 – первая залежь Талнахского месторождения Восточный участок рудника «Комсомольский; М – поле шахты «Маяк»

В рудном теле, расположенном в осевой зоне западной фронтальной части месторождения (см. рис. 7.16) наблюдается концентрическая зональность: в центре выделяются высококонтрастные аномалии Cu – Ag – Ni- Co ($K_{Cu, Ag}$ до 800), где $Ni/Cu = 0.1$, $K_r = 1750$ (халькопиритовая минерализация: моихукитовые и талнахитовые руды), далее по обе стороны выклинивания по восстанию в рудном теле преобладает моихукит-кубанитовая минерализация с $Ni/Cu = 0.5$, $K_r = 304$, которая

сменяется кубанитовой со значениями $Ni/Cu = 0.6$, $Kp = 167$ и халькопирит-пирротиновая с $Ni/Cu = 0.9$, $Kp = 120$.

Выводы. Обобщенный вид зональности рудных образований Октябрьского месторождения представлен на рис. 7.19. В центральной и восточной частях месторождения (центральная и восточная фронтальная зона Хараелахского интрузива) преобладает кубанит - пирротиновый тип минерализации, постепенно переходящий в пирротин - кубанитовый с $Ni/Cu = 0,9$ и $Kp = 40-70$, в западной части в рудах с халькопиритовой минерализацией $Ni/Cu = 0,7 - 0,2$ и $Kp = 167-1750$.

Зональность рудных образований ТРУ (см. рис. 7.19). В восточной и приразломной частях рудного узла значения $Ni/Cu = 1.6$, и $Kp = (Pt+Pd)/(Ru+Ir+Os) = 10$ (высокосернистая ассоциация пирротинового состава, $S/Cu = 7.0-9.0$, $\delta^{34}S = 11.2\%$, Pt до 1.8 г/т, Pd до 4.9 г/т, скв. 1796, вторая залежь Талнахского месторождения), в центральной части $Ni/Cu = 0.9$ и $Kp = 40-70$ (переходная ассоциация пирротин-кубанитового состава, $S/Cu = 4.9$, $\delta^{34}S = 11.5\%$, Pt 1.3-3.2 г/т, Pd до 12.0 г/т, центральная и восточная часть Октябрьского месторождения, центральная и восточная фронтальная зоны Хараелахского интрузива). На западном фланге ТРУ (осевая зона западной фронтальной зоны Хараелахского интрузива) отмечены экстремально высокие значения $Kp = 167 - 1750$ и минимальные $Ni/Cu = 0.7 - 0.2$ (низкосернистая минеральная ассоциация халькопиритового состава $S/Cu = 1.6$, значение $\delta^{34}S$ до 12.8, Pt до 9 - 10 г/т и Pd - 43 - 60 г/т, Октябрьское месторождение, поле шахты «Октябрьская»). В юго-западной части ТРУ (юго-западная фронтальная зона Талнахского интрузива) в рудах халькопиритового и борнит-халькозинового состава $Ni/Cu = 0.2$, а $Kp = 120$ ($S/Cu = 1.8$, Pt до 2.3 г/т, Pd до 7.24 г/т, Талнахское месторождение, поле шахты «Маяк»).

Следует отметить, что подобная зональность наблюдается в массивных рудах месторождения Норильск-1, где отношение $(Pt+Pd)/(Ru+Ir+Os)$ меняется от 15 в центральной (приразломной) части месторождения до 1573 на флангах в рудах обогащенных медью.

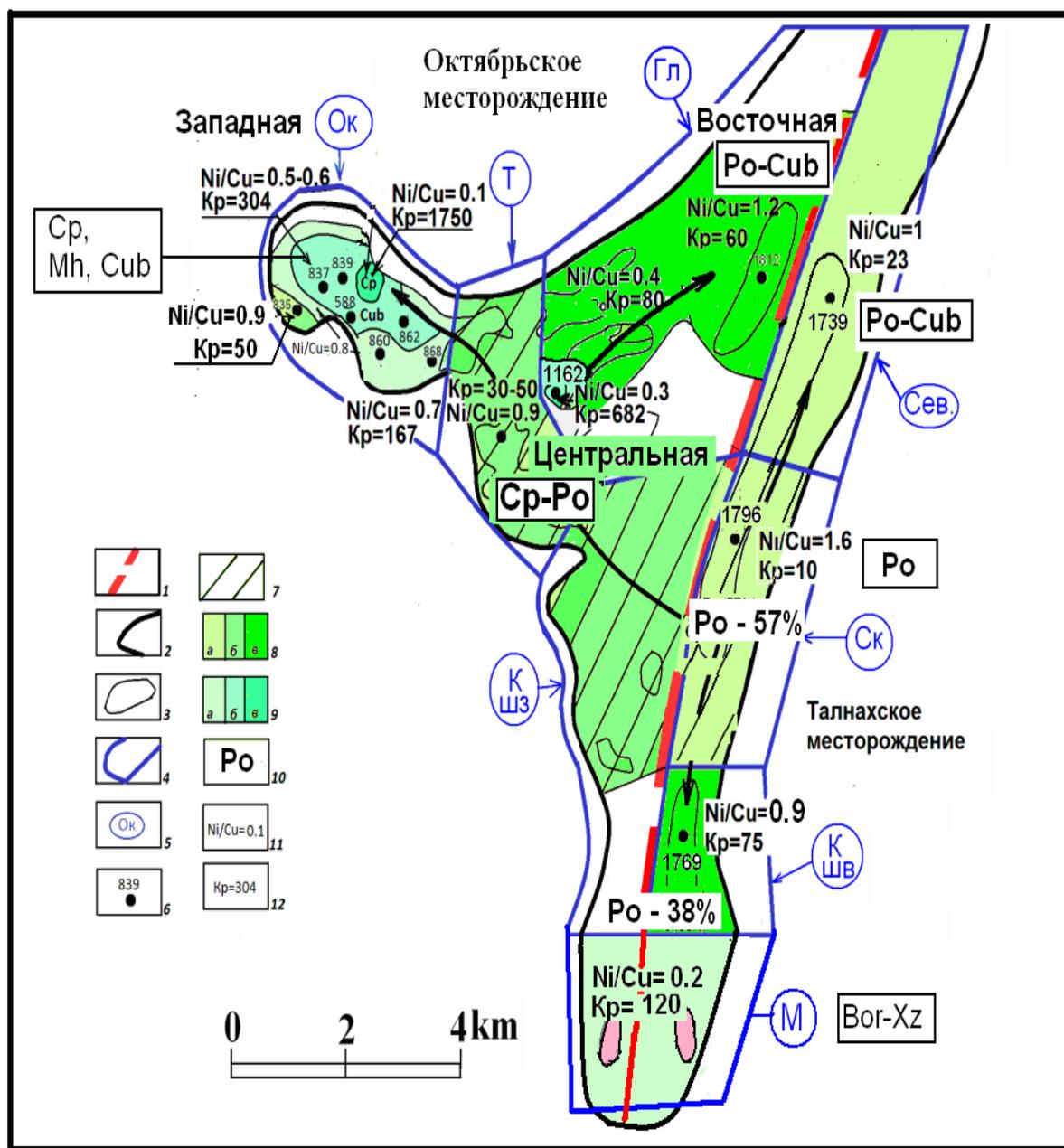


Рис. 7.19. Зональность рудоносной зоны Талнахского рудного узла (по материалам ПО «Норильскгеология» с изменениями): 1 – Норильско-Хараелахский разлом; 2 – границы месторождений; 3 – границы рудных тел; 4 – границы шахтных полей; 5 – шахты: Ок – «Октябрьская»; Т – рудник «Таймырский», Гл – «Глубокая», Сев. – «Северная», Ск – «Скалистая», К шв – «Комсомольская» (восточная), К шз – «Комсомольская» (западная), М – «Мая»; 6 – скважина; 7 – центральные части месторождений; 8 – области значений: а – $Ni/Cu = 1.6 - 1$, $Kp = 10 - 23$; б – $Ni/Cu = 0.9 - 1$, $Kp = 30 - 50$; в – $Ni/Cu = 0.9 - 0.4$, $Kp = 50 - 80$; 9 – области значений: а – $Ni/Cu = 0.5 - 0.7$, $Kp = 80 - 160$; б – $Ni/Cu = 0.5 - 0.4$, $Kp = 160 - 300$; в – $Ni/Cu = 0.5 - 0.2$, $Kp = 630 - 1750$; 10 – состав рудной минерализации: Po – пирротиновый, Po-Cub – пирротин-кубанитовый; Ср – халькопиритовый; Mh – моихукитовый; Bor – борнитовый; Xz – халькозиновый; 11 – числовые значения Ni/Cu ; 12 – числовые значения Кр

Наблюдаемая геохимическая зональность совпадает с минералогической зональностью в телах массивных руд, которая в обобщенном виде представлена сме-

ной минеральных ассоциаций в направлении с востока на запад (см. рис. 7.19, табл. 7.6).

Таблица 7. 6

Латеральная геохимическая и минеральная зональности
в сплошных рудах

Расположение рудных тел	Ni/Cu	$\frac{(Pt+Pd)}{(Ru+Ir+Os)}$	Минералогический состав руд
Центральная часть Талнахского месторождения (скв. 1796 и 1739) поле шахты «Скалистая»	1,6	10	Высокосернистая ассоциация: пирротин (моноклинный и гексагональный) + халькопирит + пентландитовая
Центральная часть Октябрьского месторождения, восточная часть рудничного поля рудника «Таймырский»	0,9	40	Промежуточная ассоциация: халькопирит + пирротин (моноклинный и гексагональный) + пентландит
Западная фронтальная зона Хараелахского интрузива	0,2	1750	Низкосернистая минеральная ассоциация: кубанит + халькопирит + пентландит → талнахит (моихукит) + кубанит + пентландит

Рудно-геохимическая зональность совпадает с морфологией интрузивных тел и прослеживается вдоль их осевых линий. Определено, что максимальной рудоносностью обладают участки осевых зон фронтальных частей полно дифференцированного интрузива, распределение которых имеет центробежное распределение относительно центральных частей ТРУ с минимальными значениями $K_p = (Pt+Pd)/(Ru+Ir+Os)$ и максимальными Ni/Cu. Установленная зональность сформирована в процессе различных стадий рудообразования: пиротиновые руды центральных частей ТРУ и отдельных залежей образуются в условиях высокотемпературных режимов магматической стадии, а обогащенные медью руды фронтальных частей формируются из остаточной фракционированной составляющей сульфидного расплава в условиях более низких температур. По данным «ГЕО-СКАН» аномалии с экстремально высокими содержаниями рудных элементов $725Cu - 460Ni - 457Ag$, $867Ag - 428Cu - 183Ni - 9Co$ и $531Cu - 86.7Ni - 72Ag - 13Co$ отмечаются в осевой зоне фронтальной части рудоносного интрузива, что является показателем проявления максимальной рудообразующей энергии на данном участке месторождения. Учитывая, что значения $K_p = (Pt+Pd)/(Ru+Ir+Os)$ в массивных рудах Октябрьского месторождения (западная фронтальная зона) и

Талнахского (южная фронтальная зона), достигнув максимальных значений, не снижаются, можно предположить, что на продолжении осевых линий этих продуктивных зон возможно нахождение скрытых рудных объектов за границами месторождений.

Влияние рудоносного интрузива с горизонтами сплошных сульфидных медно-никелевых руд прослеживается иногда на 1.5–2 км, при этом мощность ореолов измененных пород достигает нескольких сотен метров (А.Д. Генкин, 1981). Эта особенность объясняется тем, что в магме было обычное для толеитового расплава содержание летучих, что обеспечивало длительный, сильный прогрев и насыщение летучими вмещающих пород в проницаемых зонах. Кристаллизация минералов происходила не из сульфидного расплава, а из обособившихся из него флюидов, содержавших помимо платиновых и других металлов летучие компоненты. Об этом свидетельствует присутствие в рудах минералов, содержащих ОН, F, Cl. Флюиды распределялись в сульфидном расплаве в виде диспергированных капель, из которых происходила кристаллизация платиновых минералов после образования халькопирита и других сульфидов.

Исходя из того что остаточная жидкость, образующаяся при фракционировании сульфидного расплава, обладает высокой проникающей способностью, было высказано предположение о возможности образования руд, скорее всего, прожилково-вкрапленных, имеющих метасоматическое происхождение, за пределами вскрытой рудоносной зоны. Наиболее проницаемые породами являются терригенные породы тунгусской серии ($\rho = 2.56 \text{ г/см}^3$, $\eta = 3.77$), кавернозные известняки ($\rho = 2.73 \text{ г/см}^3$, $\eta = 1.09$) и доломиты ($\rho = 2.75 \text{ г/см}^3$, $\eta = 0.36$) верхнего и среднего девона, при этом плотность магматических пород колеблется от 2.9 до 3.28 г/см^3 [41]. Выявление объектов продуктивных на сульфидное оруденение предполагалось на продолжении поперечных осевых зон рудных тел, в которых отмечаются максимальные значения $K_p = (Pt+Pd)/(Ru+Ir+Os)$ и минимальные Ni/Cu (см. рис. 7.19).

К западу и юго-западу от границ Октябрьского месторождения в отложениях разведочной свиты нижнего девона выделены поля концентрации Cu и Ni (Приложение 11, 14 – 16; рис. 7.20). Кроме того, прогнозируемый объект приурочен к флексурной складке, где в сульфатно-карбонатных кавернозных породах девона выявлены аномалии стронция, характерные для контактовых ореолов рудоносных интрузий, что, по мнению автора, является признаком присутствия рудной минерализации на более глубоком гипсометрическом уровне. При последующем изучении глубоких горизонтов флангов месторождений в районе аномалий разведочными скважинами были вскрыты рудные тела мощностью более 20 м брекчиевидных сульфидных медно-никелевых руд, содержащих платиновую минерализацию.

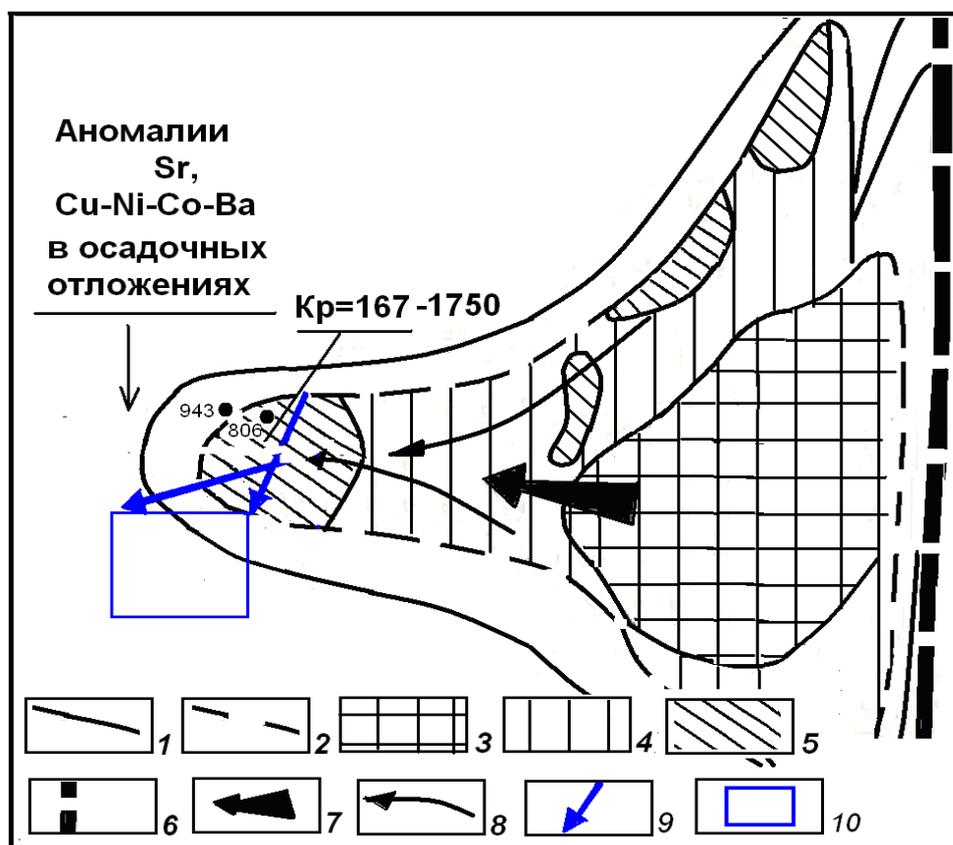


Рис. 7.20. Зональность рудоносной зоны Октябрьского месторождения с элементами прогноза (по материалам О.А. Дюжикова, 1988, с изменениями): 1–2 – контуры развития рудоносного интрузива (1) и сплошных руд (2); 3 – центральная часть месторождения, преобладают вкрапленные руды, пирротиновая минерализация; 4–5 – фланги месторождения: 4 – халькопирит-пирротиновая и кубанит-пирротиновая минерализации; 5 – высокомедистые разновидности (халькопиритовая, кубанитовая, моихукитовая, талнахитовая); 6 – зона Главного шва Норильско-Харалахского разлома; 7 – направление обогащения руд Cu; 8 – прогнозируемый рудный объект; 9 – направление прогноза

Выводы. Установлена контрастная геохимическая зональность рудных образований на уровнях рудного узла, месторождений и рудных тел, основанная на ранжированных рядах коэффициентов разделения Ni/Cu и $Kp = (Pt+Pd)/(Ru+Ir+Os)$, иллюстрирующих процесс рудообразования в условиях фракционирования сульфидного расплава, характерного для сульфидных медно-никелевых с платиноидами руд норильских месторождений. Участки с максимальной рудоносностью расположены в осевых зонах фронтальных частей рудоносных интрузивов месторождений ТРУ, где рудоносные зоны фиксируются аномалиями с максимальными значениями коэффициентов концентраций (K_k до 800) и $Kp = (Pt+Pd)/(Ru+Ir+Os)$ (до 1750) и минимальными значениями Ni/Cu (до 0.2). В рудных телах осевых зон наиболее продуктивной является их центральная часть, на продолжении поперечных сечений которой за пределами месторождения, возможно, нахождение скрытых рудных объектов.

Как отмечалось выше, подобная зональность наблюдается в массивных рудах месторождения Норильск-1, где отношение $(Pt+Pd)/(Ru+Ir+Os)$ меняется от 15 в центральной части месторождения до 1573 на флангах в рудах обогащенных медью. На продолжении осевой линии фронтальной зоны Норильского интрузива были обнаружены в основном прожилково-вкрапленные руды нового Масловского месторождения.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Работа имеет практическое значение, ее основные положения могут служить предметом дальнейших геохимических исследований, направленных на формирование конкретных рекомендаций, связанных с поисками Cu–Ni руд при оценке новых участков и площадей. Предлагаемые геохимические предпосылки и признаки доступны к использованию на различных стадиях геолого-разведочных работ и приняты в качестве дополнения к существующим прогнозно-поисковым комплексам для поисков месторождений норильско-талнахского типа (протокол заседания Технического совета ООО «Норильск-геология» №НГ–01/89 – пр. от 15. 10. 2013 г.).

Исследованы закономерности распределения элементов в сложной полиобъектной системе - дифференцированный рудоносный интрузив норильско-талнахского типа, сплошные сульфидные платиноидно-медно-никелевые руды, малосульфидные платинометалльные, метаморфо- метасоматический ореол с сульфидным платиноидно-никелево-медным, полиметаллическим, пирит-магнетитовым оруденениями, неизмененные или относительно неизмененные вмещающие породы, что привело к выявлению главных особенностей геолого-геохимического строения и состава геохимических полей, а также выделению среди них аномальных полей (АГП) – геохимических критериев прогнозирования и поисков этих объектов.

Выявлены геолого-геохимические особенности участков с максимальной рудоносностью: нахождение в осевых зонах фронтальных частей рудоносных интрузивов ТРУ и его месторождений, рудные тела маркируются комплексные аномалии Cu-Ag-Ni-Co (Кк более 300), в рудной минерализации отмечаются экстремально высокие значения отношения $(Pt+Pd)/(Ru+Ir+Os)$, а параметры Ni/Cu – минимальные. В рудных телах осевых зон наиболее продуктивной является их центральная часть, на продолжении поперечных сечений которой за пределами месторождения, возможно, нахождение скрытых рудных объектов.

Таблица 8

**Разноранговые геолого-геохимические предпосылки и признаки
сульфидного медно-никелевого с платиноидами оруденения**

Предпосылки и признаки сульфидного медно-никелевого с платиноидами оруденения	
Геологические	Геохимические (аномалии)
1	2
Эффузивная фация магматизма	
Цикл верхнепермского времени. Щелочные и субщелочные лавы	
Ивакинская свита ($P_2 iv$). Базальты титан - авгитовые	Ti - Zr - P - Ba
Ивакинская свита ($P_2 iv$). Базальты лабрадоровые и двуполевошпатовые	Ti - Zr - Ba
Цикл сыверминско - раннегудчихинского времени. Переходная ассоциация лав	
Сыверминская свита ($T_1 sv$). Базальты толеитовые	V - Cr
Нижнегудчихинская подсвита ($T_1 gd_1$). Базальты порфиоровые	V - Cr
Цикл среднегудчихинско-хаканчанского времени. Пикритовые лавы	
Среднегудчихинская подсвита ($T_1 gd_2$) пикритовые лавы. Базальты пикритовые	Cr - V - Ni - Co
Толеитовый тип лав нормального ряда. Цикл туклонско – надеждинского времени	
Туклонско - надеждинский эффузивный базальтовый комплекс. Базальты порфиоровые, афировые, пойкилитовые	V - Cr
Моронговский - мокулаевский эффузивный комплекс базальтов и туфов. Базальты пойкилоофитовые, порфиоровые, афировые	Cr - Co - Ni - Cu
Интрузивная фация магматизма	
Интрузивы норильского комплекса	
норильско-талнахский тип	$Cu_{80}, Ni_{69}, Ag_{58}, Ti_{48}, Cr_{39}, Co_{23}$. Аномалии Cu – Ni – Ag , отрицательно специализированы на Ba_{50}, Sr_{44}, Zr_6 ,
круглогорский тип	$Ni_{97}, Ag_{96}, Cu_{94}, Pb_{66}, Zn_{44}, V_{40}, Co_{27}, Cr_{20}$. Аномалии Ni - Ag - Cu, отрицательно специализированы на Ba_{10}, Sr_6, Zr_6 .
нижнеталнахский тип	$Ti_{63}, Co_{59}, Ni_{57}, Cr_{54}, Cu_{50}, Mo_{38}, Zn_{26}, Ag_8, Pb_7$. Аномалии Co-Ni-Cr (или Ni-Co-Cr), отрицательно специализированы на Ba_{50}, Sr_{65} .
Вертикальная зональность дифференцированного рудоносного интрузива	
малосульфидный хромитоносный такситовый габбро платиносодержащий. Парагенетическая ассоциация пирита, никель-кобальтсодержащего пирита, халькопирита с включениями сфалерита. В сульфидных агрегатах встречаются самородное серебро и минералы платиновых металлов.	Аномалии: $39.0Cr - 27.5Ni - 6.0Co$; $16Ni - 8.7Cr - 1.9Sn - 1.4Pb$. Содержание Pd достигает 8,4 г/т, Pt до 3,7 г/т.
верхняя расслоенная серия пород, магнетитовое габбро, габбро лейкократовое, габбродолерит кварцсодержащий	Аномалии Zr – Ba - Ti (или Ti – Cr - Co), Кк Sr, Ba до 4,9
оливинсодержащие и оливиновые габбродолериты с содержанием сульфидов до 5 - 7 %	Зона рассеянной минерализации $2.0Cr - 2.0V - 1.5 Cu - 1.5 Ni - 1.5 Co$; $2.8 Ni - 2.4 Cu - 2.0 Cr - 1.7 Co$
габбродолериты пикритовые, такситовые и контактовые с вкрапленным оруденением	Аномалии $6.9 - 15Ni - 2.9 - 5 Cu - 2.7 Cr - 2.4 Co$
Типы руд	
Вкрапленные руды в габбродолеритах пикритовых, такситовых и контактовых	Аномалии $11.0-35.0 Cu - 12.2-25.0 Ni - 3.7 Cr - 3.7 Ag - 1.75 Co$

Предпосылки и признаки сульфидного медно-никелевого с платиноидами оруденения	
Геологические	Геохимические (аномалии)
1	2
Прожилково-вкрапленные «медистые» руды в роговиках и скарнах	Аномалии 114.0 Cu - 60.0 Ni - 22.0Ag - 6.65Co - 2.4 Sr; 158 Ag - 90Cu - 49Ni - 12.7Co; 188.7 Cu - 25Sr - 6.5 Ag - 5.3 Ni
Прожилково-вкрапленные «медистые» руды в габбродолеритах	Аномалии до 90 Cu - 78 Ni - 17 Ba - 5.6 Cr - 5.3 Co
Сплошные руды, минеральные разновидности	Аномалии 237Ni – 217Cu - 28.5 Ag - 12Co 725 Cu - 460 Ni - 45.2 Ag - 2.3 Sn -1.5 Co 867Ag - 428Cu - 183Ni - 9.0Co
Латеральная зональность дифференцированного рудоносного интрузива	
Прикорневая фация: слабодифференцированные телами габбродолеритов с порфиroidными вкраплениями и гломеропорфировыми обособлениями оливина и анортита, со шлирами и тонкими жилками хромита и хромо-магнетита Оруденение рассеянное вкрапленное, пирит-пирротинное	по петро- и геохимическим свойствам данные породы подобны базальтам моронговской свиты. Маркируются областями фона и зонами рассеянной минерализации V- Cr – Co – Ti – Ni
Центральная фация: интрузив полнодифференцирован с вкрапленностью относительно густая, каплевидная и пылевидная халькопирит-пирротинная (пирротин (38%) моноклинный и гексагональный + пентландит (6,8%) + халькопирит (6,6%) + магнетит (4,8%) + кубанит (0,4%) + н/р (42,9%)	Аномалии 11.0-35.0 Cu - 12.2-25.0 Ni - 3.7 Cr - 3.7 Ag - 1.75 Co
Фронтальная фация: интрузив полнодифференцирован, с горизонтами вкрапленных, прожилково-вкрапленных, «медистых» и сплошных руд (низкосернистая минеральные ассоциации: халькопирит + пирротин + кубанит; кубанит + моихукит (талнахит) + кубанит). В центральной части залежи моихукитовые и менее распространенные талнахитовые руды, которые по направлению к периферии постепенно сменяются кубанитовыми, затем – пирротинными	237Ni – 217Cu - 28.5 Ag - 12Co 725 Cu - 460 Ni - 45.2 Ag - 2.3 Sn -1.5 Co 867Ag - 428Cu - 183Ni - 9.0Co (
Фронтальная (краевая зона): выклинивание рудоносного интрузива и расщепления его на апофизы; полигенные метамагматические псевдобрекчии, зоны скарнирования	
восточная фланговая зона Хараелахского интрузива в приразломной зоне. Силлы габбродиориты, лейкогаббро, минерализация: магнетит + пирротин + халькопирит	Аномалии Ti - Cu - Ni - Co
минерализация: пирит + магнетит + пирротин. Пиррит кобальт- никельсодержащий, халькопирит содержит сфалерит	Аномалии и зоны рассеянной минерализации Ti-Co или Co-Ni; зоны рассеянной минерализации
силлы габбродолеритов недифференцированных за пределами рудоносной зоны Талнахского рудного узла; минерализация: рассеянная вкрапленность пирита с халькопиритом	Зоны рассеянной минерализации и области с фоновыми содержаниями V-Ti-Co

Предпосылки и признаки сульфидного медно-никелевого с платиноидами оруденения	
Геологические	Геохимические (аномалии)
1	2
Типы оруденения	
малосульфидное платинометальное оруденение в горизонте хромитосодержащих такситовидных габбродолеритов в верхней части рудоносного интрузива	Аномалии Cr – Ni – Co – Cu (или Ni – Cr – Sn)
пирит-магнетитовая и магнетитовая минерализация с пирротинном во фронтальной (краевой) зоне Хараелахского интрузива). Пирит кобальт- никельсодержащий	Аномалии Ti - Cu - Ni – Co (или Ti – Co); Co – Ni (или V - Ti – Co) 13Co-11Ni-4Cu-1.7Ag, Co>Ni>Ti>V, V>Ti>Ni
рассеянная пиритовая минерализация с магнетитом, халькопиритом и пиритом в силлах измененных скарнированных габбродолеритов (мощностью до 5 м) и их контактовых ореолах	зоны рассеянной минерализации V - Ti - Zn
Рудная минерализация кубанитовая	531Cu-86.7Ni-72Ag-13Co;167Cu-89Ni-15.3Ag-5.8Co-5.5Cr-3Sn Cu (КК до 167 - 531, Ni/Cu до 0,12), Ag (КК до 15.3 – 86.7), Ni (КК до 86.7 - 89), Cu>Ni>Ag
Руды обогащенные Cu. Рудная минерализация халькопиритовая (халькопирит, талнахит, моихукит)	аномалии Cu – Ag – Ni – Co и Ag – Cu – Ni – Co; Cu (КК до 725, Ni/Cu = от 0,5 до 0,3) и Ag (КК до 649-867), Cu>Ag>Ni, Ag>Cu>Ni
Полиметаллическая минерализация в метасоматических образованиях зон разломов (жилия кальцита с пиритом, халькопиритом, сфалеритом и галенитом)	области с фоновыми содержаниями и зоны рассеянной минерализации Zn, Pb, Mo, Co
Иттриеносные альбиты из зон разломов	Be (Кк _{Be} до 4), Y (Кк _Y до 4), Yb
Латеральная зональность рудоносной зоны Талнахского рудного узла	
Восточная часть Талнахского месторождения (центральная зона Талнахского интрузива)	в восточной и приразломной частях рудного узла значения Ni/Cu = 1.6, и Кр = (Pt+Pd)/(Ru+Ir+Os) = 10 (высокосернистая ассоциация пирротинового состава, S/Cu = 7.0-9.0, δ ³⁴ S = 11.2 ‰, Pt до 1.8 г/т, Pd до 4.9 г/т, скв. 1796, вторая залежь Талнахского месторождения),
Центральная и восточная части Октябрьского месторождения (центральная и северо-восточная зоны Хараелахского интрузива)	в центральной части Ni/Cu = 0.9 и Кр = 40-70 (переходная ассоциация пирротин-кубанитового состава, S/Cu = 4.9, δ ³⁴ S = 11.5 ‰, Pt 1.3-3.2 г/т, Pd до 12.0 г/т, центральная и восточная часть Октябрьского месторождения)
Западная часть Октябрьского месторождения (западная фронтальная зона Хараелахского интрузива, осевая зона)	экстремально высокие значения Кр = 167-1750 и минимальные Ni/Cu = 0.7 – 0.2 (низкосернистая минеральная ассоциация халькопиритового состава S/Cu = 1.6, значение δ ³⁴ S до 12,8, Pt до 9 -10 г/т и Pd – 43 – 60 г/т, Октябрьское месторождение, поле шахты «Октябрьская»)
Юго-западная часть ТРУ Талнахское месторождение (поле шахты «Маяк»)	Ni/Cu = 0,2, а Кр = 120 (S/Cu = 1,8, Pt до 2,3 г/т, Pd до 7,24 г/т, Талнахское месторождение, поле шахты «Маяк» руды халькопиритового и борнит-халькозинового состава)
Зональность рудоносной зоны Талнахского месторождения	
Центральная часть месторождения с высокосернистой ассоциацией (S/Cu = 7.0-9.0) пирротинового состава (центральная зона Талнахского интрузива)	Кр = (Pt+Pd)/(Ru+Ir+Os) = 10, Ni/Cu = 1.6
Северо-восточный фланг с пирротин - кубанитовой минерализацией	Ni/Cu = 0,9, и Кр = 30-75

Предпосылки и признаки сульфидного медно-никелевого с платиноидами оруденения	
Геологические	Геохимические (аномалии)
1	2
Юго-западный фланг Талнахского месторождения с рудами максимально обогащенными Pt и Pd халькопиритового и борнит-халькозинового состава (юго-западная фронтальная зона Талнахского интрузива)	$Ni/Cu = 0,2$, а $Kp = (Pt+Pd)/(Ru+Ir+Os) = 120$
Рудное тело (вторая залежь Талнахского месторождения)	центральная часть рудной залежи $Ni/Cu = 1,6$; $(Pt+Pd)/(Ru+Ir+Os) = 10$ (пирротиновый тип минерализации) → северо-восточный фланг $Ni/Cu = 1$; $(Pt+Pd)/(Ru+Ir+Os) = 23$ (кубанитовый тип минерализации)
Зональность рудоносной зоны Октябрьского месторождения	
Центральная и восточная части преобладает пирротин-кубанитовый тип минерализации (центральная и восточная фронтальная зона Хараелахского интрузива)	$Ni/Cu = 0,9$ $Ni/Cu = 0,9$ и $Kp = 40-70$
Западная часть месторождения во фронтальной зоне Хараелахского интрузива, руды с халькопиритовой минерализацией	$Ni/Cu = 0,7 - 0,2$ и $Kp = 167-1750$
Осевая зона западной фронтальной части Хараелахского рудоносного интрузива Октябрьского месторождения Рудоносная зона западного фланга месторождения, рудные тела со сложной минеральной зональностью (центральная часть рудного тела с моихукитовой и талнахитовой минерализацией, которая в направлении выклинивания сменяется кубанитовой и кубанит-пирротиновой	в центре $Ni/Cu = 0,1$, $Kp = 1750$ (халькопиритовая минерализация: моихукитовые и талнахитовые руды), далее по обе стороны выклинивания по восстанию в рудном теле преобладает моихукит-кубанитовая минерализация с $Ni/Cu = 0,5$, $Kp = 304$, которая сменяется кубанитовой со значениями $Ni/Cu = 0,6$, $Kp = 167$ и халькопирит - пирротиновая с $Ni/Cu = 0,9$, $Kp = 120$
Контактный ореол рудоносного интрузива в отложениях нижнего девона – карбона – нижней перми,	Площадь аномалий Cu-Ni-Co в отложениях нижнего девона – нижней перми, вмещающих рудоносный интрузив, в среднем составляет 55 кв. км, площадь ТРУ до 150 кв. км.
Кварц-полевошпатовые роговики контактового ореола рудоносного интрузива, локализованного в терригенных породах тунгусской серии	$Zr - Ba$; $K_{K_{Zr, Ba}} \text{ до } 4,8$; $K_{M_{Zr, Ba}} = 80 - 100$.
Породы контактового ореола (гидротермалиты) рудоносного интрузива, локализованного в сульфатно-карбонатных отложениях девона содержащих ангидрит в нормальном залегании.	Аномалии Sr - Sn; Sr-Zn; Sr-Cu-Pb, $K_{K_{Sr}}$ от 4 до 35, $K_{K_{Sn}}$ до 4,8. $K_{M_{Sr}} = 100$.
Рудоконтролирующие структуры	
Флексурные складки, синклинали	Аномалии Sr, $K_{K_{Sr}}$ от 2,4 до 35
Приразломные флексуры	Зоны рассеянной минерализации и аномалии Ba-Sr и Ba - Zr
Зона Норильско-Хараелахского долгоживущего разлома глубокого заложения и оперяющее его разрывные нарушения. Интервал разреза нижний девон – верхняя пермь	Зоны рассеянной минерализации и аномалии Y, Yb, Be, Mo, Pb, Zn.
Своды антиклиналий, ограничивающих развитие рудоносных интрузивов. Интервал разреза нижний девон – верхняя пермь	Зоны «выноса» Cu, Ni

ЛИТЕРАТУРА

1. Адамская, Е.В., Бадинова, В.П. Изотопная геохимия норильских месторождений / Е.В. Адамская, В.П. Бадинова, Б.В. Беляцкий и др. – Санкт-Петербург, 2016. с
2. Алексеенко В. А. Геохимические методы поисков месторождений полезных ископаемых / В. А. Алексеенко, Г. В. Войткович. – М.: Недра, 1979. – С. 10–12.
3. Альмухамедов, А. И. К генетической природе сульфидных медно-никелевых месторождений / А. И. Альмухамедов, А. Я. Медведев // Основные параметры природных процессов эндогенного рудообразования. Т. 1. Физико-химическая эволюция рудообразующих систем. Медно-никелевые, железорудные, молибденовые месторождения. – Новосибирск: Наука, 1979. – С. 129–131.
4. Альмухамедов, А. И. Геохимия халькофильных элементов в базитах и некоторые проблемы генезиса сульфидных Cu-Ni месторождений/ А. И. Альмухамедов, А. Я. Медведев // Физико-химические модели петрогенеза и рудообразования. – Новосибирск : Наука, 1984. – С. 123–132.
5. Альмухамедов А. И. К геохимии инициальных стадий базальтового вулканизма / А. И. Альмухамедов, А. Я. Медведев // Геохимия вулканитов различных геодинамических обстановок. – Новосибирск: Наука, 1986. – С. 49–52.
6. Архипова, А. И. Петрологические особенности и прогнозное районирование никеленосных трапповых полей севера Красноярского края / А.И. Архипова [и др.]. – Л.: Недра, 1983. – С. 143–157.
7. Баранов, Э. Н. Геохимические поля рудообразующих систем: генетические и прикладные аспекты (ГЕОХИ РАН). //Разведка и охрана недр – М.: Недра, 1998. – № 3. – С. 16–19.
8. Бородаевская, А. М. Принципы и методы прогноза скрытых месторождений меди, никеля, кобальта / А. М. Бородаевская. – М.: Недра, 1987. – С. 3–185.
9. Буганец, А. Н. Математические методы прогнозирования месторождений полезных ископаемых / А. Буганец, Л. Н. Дуденко. – Л.: Недра, 1976. – С. 270.
10. Булин Н.К., Егоркин А.В. Среднекоровые аномалии параметра V_p/V_s и их металлогеническое значение //Разведка и охрана недр. № 10, 1994. с. 16-20.
11. Бурков, Ю. К. Геохимические ассоциации литосферы : автореф. дис... канд. геол.-мин. наук / Ю. К. Бурков. – Л.: Ленуприздат, 1974. – С. 23.
12. Ваулин, Л. Л. Октябрьское медно-никелевое месторождение /Л. Л. Ваулин, Е. Н. Суханова. – М.: Разведка и охрана недр, 1970. – № 4.
13. Виленский А.М., Олейников Б.В. основные факторы многообразия и вопросы классификации траппов Сибирской платформы //Геология и петрология интрузивных траппов Сибирской платформы. М.: Наука, 1970. С. 5-25
14. Виленский А. М. Геология и петрология интрузивных траппов Сибирской платформы / Л. М. Виленский. – М.: Наука, 1966. – С. 258–259.
15. Генкин А. Д., Дистлер В.В., Гладышев Г.Д. Сульфидные медно-никелевые руды норильских месторождений – М.: Наука, 1981, С. 62-196.
16. Годлевский, М. Н. Траппы и рудоносные интрузии Норильского района / М. Н. Годлевский. – М.: Госгеолиздат, 1959. – С. 67–72.
17. Годлевский, М. Н. Магматические месторождения/ М. Н. Годлевский // Генезис эндогенных рудных месторождений. – М.: Недра, 1968. – С. 8–73.
18. Годлевский, М. Н. Соотношение сульфидной и силикатной частей в ходе эволюции основной магмы. //1-й Международный геохимический конгресс: тез. Докл. Т. 1.М., 1971. – С. 65-77.
19. Годлевский, М. Н. Условия зарождения и кристаллизации рудоносных магм, формирующих медно-никелевые месторождения // Основные параметры процессов эндогенного рудообразования. – Новосибирск: Наука, Т. 1,1979.– С. 109-118

20. Годлевский М.Н., Лихачев А.П. Медно-никелевое оруденение в Норильском районе //Генетические модели эндогенных рудных формаций. Новосибирск: Наука, 1983. - С.47-54.
21. Головин, А.А. Выделение новых перспективных площадей с использованием коэффициентов геохимической зональности /А.А. Головин, А.В. Гущин, Д.Г.Загубный //Разведка и охрана недр. – 2007а. - № 2-3. – С. 63-68
22. Голубков, В. С. Структурно-формационные зоны траппового магматизма Енисейской рудной провинции // Петрология траппов Сибирской платформы. – Л.: Недра, 1967. – С. 200–210.
23. Голубков, В. С. Палеотектоническая обстановка формирования позднепротерозойских и ранне-среднепалеозойских формаций Северо-Запада Сибирской платформы // Уч. Зап. НИИГА. Регион. геол. – 1969. – Вып. 14. – С. 66–83.
24. Горбачев, Н. С. Флюидно-магматическая дифференциация базальтовых магм и магматическое сульфидообразование /Н. С. Горбачев, Г. А. Каширцева // Эксперимент в решении актуальных задач геологии. – М.: Наука, 1986. – С. 96–119.
25. Горяинов, И.Н. О генезисе Талнахского месторождения // Петрология и рудоносность Талнахских и Норильских дифференцированных интрузий. Л., Недра, 1971. С. 182-196.
26. Григоров, С. А. Прикладные аспекты структурного метода поисков по геохимическим данным // Теория и практика геохимических методов. – М.: Наука, 1990. – С. 68–78.
27. Григоров, С. А. Основы структурной интерпретации геохимических полей рудных объектов для цели их локализации и оценки //Отечественная геология. – 2007.- № 4. - С.45-52.
28. Григоров, С. А. Отражение в геохимическом поле рудообразующей системы в качестве объекта геохимических поисков // Разведка и охрана недр. – 2009а. - № 5. С. 8-13.
29. Григорян, С. В., Литохимические методы поисков эндогенных рудных месторождений / С. В. Григорян, Е. М. Квятковский. – Л.: Недра, 1977. – С. 189–195.
30. Григорян, С. В. Перспективы и проблемы использования геохимических методов и технологий в решении задач развития МСБ России. / С. В. Григорян, И. И. Гетманский, В. З. Тойби. //Разведка и охрана недр. – М. : Недра, 1998. – № 3. – С. 14–16.
31. Гулин, С.А. Некоторые замечания к ликвационно-магматической гипотезе образования медно-никелевых месторождений норильского типа /Гулин С.А., Сухов Л.Г. //Сов. Геология, № 2, 1973. с. 24-35.
32. Гущин А.В., Гусев Г.С. Проблемы геохимической специализации вулканических комплексов в эталонных геодинамических обстановках //Разведка и охрана недр. Вып. 6, 2015. – С. 37 – 42.
33. Дегенхард Х. О геохимическом распределении циркона в литосфере. // геохимия редких элементов. М.б изд-во иностранной литературы, 1959.С. 157 – 209.
34. Дистлер В.В., Служеникин С.Ф., Криволицкая Н.А. и др. Платиновые руды Норильских расслоенных интрузивов: соотношение магматического и флюидного концентрирования благородных металлов // Геология рудных месторождений, 1999, т. 41, № 3. - С. 241- 265.
35. Додин, Д. А. Геология и петрология Талнахских дифференцированных интрузий и их метаморфического ореола /Д. А. Додин, Б. Н. Батуев // Петрология и рудоносность Талнахской и Норильской дифференцированных интрузий. – Л.: Недра, 1971. – С. 31–100.
36. Додин, Д. А. Геохимические критерии поисков медно-никелевых месторождений /Д. А. Додин, М. А. Садиков, В. А. Шатков. – Л.: Недра, 1982. – С. 168–182.
37. Додин, Д. А. Петрология и геохимия никеленосных магматических комплексов /Д. А. Додин // Петрологические особенности и прогнозное районирование никеленосных трапповых полей Севера Красноярского края. – Л. : Недра, 1983. – С. 5–35.
38. Додин, Д. А. Геохимия и минералогия рудных формаций Норильского района. – Л.: Наука, 1988. – С. 127–140.
39. Додин, Д. А. Платинометальные месторождения России /Д. А. Додин, Н. М. Чернышов, Б. А. Яцкевич. – СПб.: Наука, 2000. – С. 25–40.

40. Додин, Д. А. Металлогения Таймыро-Норильского региона / Д. А. Додин. – СПб.: Наука, 2002. с. 416-419, – 813 с.
41. Долгаль, А. С. Компьютерные технологии обработки и интерпретации данных гравиметрической и магнитной съемок в горной местности. – Абакан: Изд-во «Фирма «Март», 2002. – 187 с.
42. Дюжиков О.А, Дистлер В.В., Струнин Б.М. и др. Геология и рудоносность Норильского района – М.: «Наука», 1988. С. 16 - 77, с. 187-190, с. 279–290.
43. Дюжиков, О. А. О пикритовых базальтах Норильского района // Докл. АН СССР. – Т. 197, 1971– С. 1406–1410.
44. Евдокимова, В. Н. Геохимические методы поисков рудных месторождений в Сибири и на Дальнем Востоке [Текст] / В. Н. Евдокимова. – Н.: Наука, 1978. – С. 3–26.
45. Золотухин, В. В. О генезисе так называемых ликвационных медно-никелевых сульфидных руд в свете новых данных (об инфильтрационно автотасоматической). – Новосибирск: Геология и геофизика, 1971. – № 9.
46. Золотухин В. В., В. В. Рябов К вопросу о механизме образования и форме норильских дифференцированных интрузий в связи с проблемой пространства. //Геология и геофизика – Новосибирск: 1969. – № 3.- с. 19-22.
47. Золотухин, В. В. Петрология Талнахской дифференцированной трапповой интрузии / В. В. Золотухин [и др.] // Тр. ИГ и ГСО РАН. – 1975. – Вып. 186. – С. 432–435.
48. Золотухин, В. В. Типы околорудных изменений в сплошных рудах Норильска и Талнаха и их генезис (по результатам изучения включения силикатов) // Материалы по генетической и экспериментальной минералогии. – Новосибирск: Наука, 1975. – С. 178–216.
49. Золотухин, В. В. Обобщенная модель сульфидного медно-никелевого рудообразования как процесс сульфуризации / В. В. Золотухин [и др.] // Рудообразование и генетические модели эндогенных рудных формаций. – Новосибирск Наука. – 1988. - С. 172–181.
50. Золотухин, В.В. Базальты Сибирской платформы /В.В. Золотухин, А.М. Виленский, О.А Дюжиков - Новосибирск: Наука, 1986. - 245 с.
51. Иванов, М.К. Особенности петрологии и оруденения дифференцированных интрузий Норильского рудного узла / М.К. Иванов, Т.К. Иванова, А.В. Тарасов [и др.] //Петрология и рудоносность Талнахских и Норильских дифференцированных интрузий. – Л.: Недра, 1971. С. 31–100, с. 197 – 304.
52. Иванова, А. М. Геохимические методы поисков меди и никеля на Северо-Западе Сибирской платформы /отчет по тематической работе/ А. М. Иванова. – Норильск, 1967. – 375 с.
53. Иванова, Т. И. Модели тектономагматических структур трапповых полей северо-запада Сибирской платформы /Т. И. Иванова, М. К. Иванов, Д. В. Ленькин // Советская геология. – 1990. – № 9. – С. 28–33.
54. Изюитко В.М. О зональности сплошных сульфидных руд Норильского месторождения // Геология и геофизика, 1974 (3). - С. 103-109.
55. Ковальский, В. В. Геология и геохимия базитов восточной части Сибирской платформы. – М.: Наука, 1973. – С. 120–128.
56. Коган Б. С. Методические рекомендации по применению системы «ГЕОСКАН – 200» при обработке неоднородной геохимической информации на ЭВМ. – М.: ИМГРЭ, 1989. – 44 с.
57. Коган, Б. С. Физические основы моделирования геохимического поля на ЭВМ. Разведка и охрана недр. – М.: Недра, 1996. – № 8. – С. 7–14.
58. Когарко, Л. Н. Новые данные о возрасте Гулинской интрузии и проблема связи щелочного магматизма Маймеча-Котуйской провинции с Сибирским суперплюмом (данные по изотопии U-Th-Pb системы / Л. Н. Когарко, Р. Э. Зартман // Геохимия. – 2011. – № 5. – С. 462–472.
59. Коржинский, Д. С. Кислотно-основное взаимодействие магмы с трансмагматическими флюидами // Геохимия, минералогия, петрология. – М.: Наука, 1976. – С. 320–328.

60. Кравченко, С. М. Скандиево-редкоземельно-иттриево-ниобиевые руды – новый тип редкоземельного сырья / С. М. Кравченко [и др.] // Геол. руд. месторожд. – 1990. – Т. 32, № 1. – С. 105–111.
61. Кравцова, Р.Г. Геохимия и условия формирования золото-серебряных рудообразующих систем Северного Приохотья. – Новосибирск, из-во «ГЕО», 2010. – С.11-15.
62. Кременецкий, А. А. Прогнозно-поисковые геохимические комплексы – ключевое направление в направлении формирования резервного фонда недр России //Разведка и охрана недр. - М , 2004, № 11. – С. 15-20.
63. Кременецкий, А. А. Поисковая геохимия: состояние, проблемы, решения //Разведка и охрана недр. - М , 2008, № 4-5. – С.4-13.
64. Котульский В.К. К вопросу о происхождении магматических медно-никелевых месторождений //Докл. АН СССР. Т. 51, 1946. - С. 381-384.
65. Котульский, В.К. Вопросы, стоящие перед рудничным геологом при изучении медно – никелевых сульфидных месторождений // Советская геология. – 1947. - №20. С.13 – 24.
66. Котульский, В. К. Современное состояние вопроса о генезисе медно-никелевых сульфидных месторождений / Докл. АН СССР. – М., 1948. – № 29. – С. 10–11.
67. Кравцов, В. Ф. Геолого-структурные особенности Талнахского рудного узла /В. Ф Кравцов, Ю. Н. Седых, Ю. Г. Гор // Петрология и рудоносность Талнахских и Норильских дифференцированных интрузий. – Л.: Недра, 1971. – С. 8–30.
68. Кравцов, В. Ф. Некоторые вопросы структуры Талнахского рудного узла и Норильского района // Северо-Сибирский никеленосный район и его промышленные перспективы. – Л.: Недра, 1973. – С. 36–40.
69. Кривоуцкая Н.А. Эволюция траппового магматизма и Pt – Cu – Ni рудообразование в Норильском районе. – М.: Товарищество научных изданий КМК, 2014. С. 64.
70. Кузьмин, Е. Е. Гидрогеохимический метод поисков рудных месторождений в условиях многолетней мерзлоты (на примере Норильского района) //Геология и полезные ископаемые Норильского района. – Норильск, 1969. – С. 45–54.
71. Летников, Ф. А. Синэнергетика геологических систем. – Новосибирск: Наука, 1992. – С. 171–200.
72. Лихачев, А. П. Роль лейкократового габбро в формировании норильских дифференцированных интрузий //Изв. АН СССР; Сер. геол.– 1962. – № 12. – С. 50–66.
73. Лихачев, А. П. О горизонтальной зональности экзоконтактовых руд Норильского месторождения // Геология рудных месторождений. №3, 1969. - С. 110-115.
74. Лихачев, А. П. Условия образования медно-никелевых месторождений // Сов. Геология, - 1982, № 6. - С. 31-46.
75. Лихачев А. П. Генетические модели сульфидно-медно-никеленосных формаций в связи с другими эндогенными формациями. //Рудообразование и генетические модели эндогенных рудных формаций. Новосибирск: Наука, 1988. - С. 158-165
76. Лохов К.И., Прасолов Э.М., Пушкарев Ю.Д., Капитонов И.Н., Богомолов Е.С., Шевченко С.С., Халенов В.О., Сергеев С.А.// Тез. докл. Материалы IV Российской конференции по изотопной геохронологии, Санк-Петербург, 2009. С. 337-340.
77. Масайтис В.Л. Пермский и триасовый вулканизм Сибири: проблемы динамических реконструкций //ЗВМО. - 1983. - Ч. 112. Вып. 4. С. 412-425.
78. Маслов, Г.Д. Тектоника Игарско-Норильского района и рудоконтролирующие структуры //Тектоника Сибири. Новосибирск: Со АН СССР, 1963, Т.2. С. 336-351.
79. Малич Н.С., Туганова Е.В. Принципы и методика минерагенического анализа платформ. - М.: Недра, 1980. 287 с.
80. Мирошникова, Л. К. Геохимия палеозойских отложений Верхне-Харелахской площади // Недра Таймыра; сб. научных трудов. – Вып. 4. – Норильск, 2000. – С. 69–83.

81. Мирошникова, Л. К. Геохимическая характеристика интрузивных образований северо-восточных флангов Талнахского рудного узла /Л. К. Мирошникова // Геологические и минеральные ресурсы Центральной Сибири. – Красноярск, сма
82. Мирошникова, Л. К. Геохимическая характеристика осадочных отложений адылканской свиты //Геология, поиски и разведка месторождений рудных полезных ископаемых // Межвузовский сборник. – Вып. 25. – Иркутск, 2001.
83. Мирошникова, Л. К. Зональное строение комплексного геохимического поля в отложениях девона в Норильском районе // Изв. высш. учебных заведений. Геология и разведка. Научно-методический журнал. – 2009. – Вып. 5. – М.: Изд-во РГГРУ. – С. 40–44.
84. Мирошникова, Л. К. Особенности строения геохимического поля осадочных отложений нижнего – среднего палеозоя площади Талнахского рудного узла // Известия Сибирского отделения секции наук о Земле Российской Академии естественных наук. Геология, поиски и разведка рудных месторождений. – 2009. – Вып. 8 (34). – Иркутск : Изд-во ИрГТУ. – С. 81–91.
85. Мирошникова, Л. К. Особенности распределения и концентрации рудогенных микроэлементов в пикритовых базальтах (доклад) / Л. К. Мирошникова, С. В. Ромашкин // Инновационное развитие горно-металлургической отрасли: Всероссийская конференция с элементами научной школы для молодежи (Иркутск, 1–2 декабря 2009 года). Иркутск : Изд-во ИрГТУ, 2009. – С. 7–9.
86. Мирошникова, Л. К. Аномалий циркония в геохимическом поле терригенных отложений тунгусской серии // Вестник Иркутского государственного технического университета. – Вып. 6(46). – Иркутск: Изд-во ИрГТУ, 2010. – С. 66–71.
87. Мирошникова, Л. К. Строение геохимического поля Тангаралахского интрузива на площади Талнахского рудного узла // IX Международная конференция «Ресурсовоспроизводящие, малоотходные и природоохранные технологии освоения недр» Москва (Россия – Котону (Бенин), 13–19 сентября 2010. – С. 93–96.
88. Мирошникова, Л. К. Строение геохимического поля околоинтрузивных контактовых ореолов Нижнеталнахского интрузива // Изв. высш. учебных заведений. Геология и разведка. Научно-методический журнал. – М. : Изд-во РГГРУ, 2010. – № 2. – С. 40–43.
89. Мирошникова, Л. К. Взаимосвязь аномалий стронция в контактовых ореолах рудоносных интрузий с аномалиями рудогенных микроэлементов в промышленных горизонтах сульфидных руд // Вестник Иркутского государственного технического университета. – 2010. – Вып. 7(47). – Иркутск : Изд-во ИрГТУ. – С. 46–52.
90. Мирошникова, Л. К. Строение геохимического поля Нижнеталнахского интрузива // Научный вестник Норильского индустриального института. – Норильск: Изд-во НИИ, 2011. – С. 5–11.
91. Мирошникова, Л. К. Геолого- геохимические критерии Томулахской зоны метаморфизма / Л. К. Мирошникова // Научный вестник Норильского индустриального института. – Норильск : Изд-во НИИ, 2011. – № 9. – С. 101–114.
92. Мирошникова, Л. К. Зональность геохимического поля краевых фаций рудоносного Хараелахского интрузива //Научный вестник Норильского индустриального института. – Норильск: Изд-во НИИ, 2012. – № 10. – С. 31–39.
93. Мирошникова, Л.К. Зональность геохимического поля апофиз рудоносного Хараелахского интрузива Талнахского рудного узла //Третья Всероссийская научно-практическая конференция, посвященная 20-летию кафедры геологии Бурятского госуниверситета «Минерагения Северо-Восточной Азии» - Улан – Удэ, 2012. – С. 110-114.
94. Мирошникова Л.К. Отображение структурных элементов геодинамического плана площади Талнахского рудного узла в зональной структуре геохимических полей // Научный Вестник Норильского индустриального института. Норильск: изд-во НИИ 2013. - № 12.- С. 31-38.

95. Мирошникова Л.К. Геолого - геохимические критерии оценки площади коренных сульфидных медно-никелевых руд //Горный информационно-аналитический бюллетень № 04, М.: изд-во «Горная книга» 2013.
96. Мирошникова Л.К. Геодинамические условия формирования коренных месторождений сульфидных медно-никелевых руд Норильского района //Материалы IV Всероссийской научно-практической конференции, посвященной 40-летию Геологического института СО РАН 26-31 августа 2013г., Улан-Удэ. Изд-во «Экос», 2013. - С. 252-256.
97. Мирошникова, Л.К. Геолого - геохимические основы прогноза коренных месторождений сульфидных медно - никелевых руд в Норильском районе (на примере месторождений Талнахского рудного узла). - Ханты-Мансийск: Издательство «Юграфика», 2013. 330 с.
98. Мирошникова, Л.К. Геолого - геохимическая характеристика интрузивных образований ергахского комплекса //Вестник Иркутского Государственного Технического Университета. Иркутск: Изд-во ИрГТУ, 2013. - № 12 (83). - С. 124-131.
99. Мирошникова, Л.К. Исследование рудно-геохимической зональности рудных тел месторождений Норильского района // Известия Высших Учебных заведений. Геология и разведка. Научно-методический журнал Москва: изд-во РГГРУ, 2014. - № 2. - С. -31-36.
100. Митенков Г.А. Минералы элементов группы платины в сплошных пирротиновых рудах Талнаха / Г.А. Митенков, В.В. Кнауф, Л.Н. Ерцева, Л.Н. Емелина, В.Е. Кунилов, А.И. Стехин, О.И. Олешкевич, А.А. Яценко, Л.И. Алексеева // Основные проблемы в учении о магматогенных рудных месторождениях. М., Наука, 1997. - С. 284-285.
101. Мусатов Д.И., Гусев Г.С. Сорохтин О.Г., Тарновецкий Л.Л. Предварительная геодинамическая модель образования медно-никелевых месторождений Норильского района // Геология медно-никелевых месторождений СССР. Л.: Наука, 1990. С. 114-122
102. Налдретт, А. Дж. Сульфидные медно-никелевые месторождения: классификация, состав и генезис // Генезис рудных месторождений. – Т. 2. – М.: Мир, 1984. – С. 253–343.
103. Налдретт, А. Дж. Магматические сульфидные месторождения медно-никелевых и платинометаллических руд. – СПбГУ, 2003. – С. 37-43, 140-164.
104. Наторхин И.А., Архипова А.И., Батуев Б.Н. Петрология Талнахских интрузий / И.А. Наторхин, А.И. Архипова, Б.Н. Батуев. Л.: Недра, 1977. 236 с.
105. (110) Г.И. Немков, М.В. Муратов, И.А. Гречишникова и др. Историческая геология; М: Недра, 1974.- С. 149 – 151.
106. Павлов, В. Э. Вековые вариации геомагнитного поля и вулканические пульсы в пермо-триасовых траппах Норильской и Маймеча-Котуйской провинции // Физика Земли. – 2011. – № 5. – С. 35–50.
107. Певзнер, В. С. Геохимическое районирование Норильской площади в масштабе 1:200 000 / Тематическая работа. – Л., 1992. – 75 с.
108. Разгонов О.Н. Зональность распределения элементов - индикаторов в рудоносных интрузиях Норильского района и окружающих их геохимических ореолах и ее использование при поисках сульфидных медно-никелевых руд. // Литохимические методы при поисках скрытого оруденения. – М.: ИМГРЭ, 1972. с. 9 – 13.
109. Радько, В. А. Модель динамической дифференциации интрузивных траппов северо-запада Сибирской платформы // Геология и геофизика. – 1991. – № 11. – Новосибирск. – С. 19–26.
110. Радько В.А. Фации интрузивного и эффузивного магматизма Норильского района. СПб.: ВСЕГЕИ. 2016. - С. 62 – 150, 216-218.
111. Рябкин В.А., Торгашин А.С. и др. Вкрапленные руды Норильских медно – никелевых месторождений – перспективный источник платинометаллического сырья. // Цветные металлы. 2007. №7. С. 16 - 21.
112. Рябов В. В., Шевко А. Я., Гора М. П. Магматические образования Норильского района– Новосибирск: Изд-во «Нонпарель», 2000. – Т.1, Т. 2. – С. 46–52, 241–276.

113. Рябов, В. В. Общие геохимические поиски медно-никелевых месторождений на основе детализации и оценки геохимических аномалий на севере Красноярского края. – М.: МГРИ, 1987. – С. 105–107.
114. Рябов, В. В. Структура геохимического поля медно-никелевых месторождений норильского типа. – М.: ИМГРЭ, 2010. 187с.
115. Служеникин С.Ф., Дистлер В.В., Дюжиков О.А. и др. 1994. Малосульфидное платиновое оруденение в норильских дифференцированных интрузивах // геолог. Рудн. месторождений. Т. 36. № 3. С. 195-217.
116. Служеникин С.Ф., Евстигнеева Т.Л., Мохов Ф.В. Минералогия системы PtBi₂—PtTe₂—PtSb₂—PdTe₂—PdBi₂ в платино-медно-никелевых и платиновых рудах Норильского района // Роль минералогии в познании процессов рудообразования. М., ИГЕМ РАН, 2007, с. 291-294.
117. Соловьев, А. П. Геохимические методы поисков месторождений полезных ископаемых. – М. : Недра, 1985. – 294 с.
118. Соколов, С.В. Структуры аномальных геохимических полей и прогноз оруденения. - СПб.: Наука, 1998. 154 с.
119. Спиридонов Э.М., Кулагов Э.А., Куликова И.М. Минеральные ассоциации палладия, платины и золота в рудах Норильского месторождения // Геология рудных месторождений, 2004, т. 46, № 2, с. 175-192.
120. Струнин, Б. М. Геологическая карта Норильского рудного района масштаба 1:200 000. Объяснительная записка / Б. М. Струнин. – М.: АОЗТ «Геоинформмарк», 1994. – 118 с.
121. Суханова, Е. Н. О принципиальной модели рудоносных интрузивов Норильского типа и ее применимости // Геология и полезные ископаемые Норильского района, II Норильская геологическая конференция. – Норильск: Изд-во Норильского ГМК, 1971. – С. 159–162.
122. Тарасов А.В. О типизации структурных элементов норильских медно-никелевых месторождений // Геология и полезные ископаемые Норильского района, II Норильская геологическая конференция. – Норильск: Изд-во Норильского ГМК, 1971. – С. 150–153.
123. Тарасов, А. В. Зональность промышленных медно-никелевых месторождений Норильского района как критерий прогноза оценки рудных полей / А. В. Тарасов, О. В. Петров // Прогнозирование и оценка никеленосности новых рудных районов на Севере Сибирской платформы. – Л.: ПГО «Севморгеология», 1983. – С. 30–41.
124. Таусон, Л. В. Теория геохимических полей и геохимические поиски месторождений полезных ископаемых // Проблемы прикладной геохимии. – Новосибирск : Наука, 1983. - С. 5-18.
125. Тесаков, Ю.И. Силур севера-запада Сибирской платформы. / Ю.И. Тесаков, О.Н. Симонов [и др] Новосибирск, изд-во СО РАН Филиал «ГЕО», 2002. С. 172-192.
126. Туровцев, Д. М. Морфология контактовых ореолов дифференцированных трапповых интрузивов Талнахского рудного поля // Вопросы минералогии, геохимии и генезиса никелевых и платиновых месторождений. – М., 1973. – Вып. 108. – С. 35–37.
127. Туровцев, Д. М. Контактный метаморфизм интрузий Норильского района. – М.: ИГЭМ, РАН, 2000. – 304 с.
128. Туровцев, Д. М. Грейзенизация в связи с трапповыми интрузивами Норильского района // Метасоматизм и рудообразование. – Л., 1982. – С. 28.
129. Туровцев, Д. М. Типы контактово-метаморфических ореолов безрудных и рудоносных интрузий Норильского района в связи с критериями никеленосности магматических комплексов. Тр. ЦНИГРИ, 1986, вып. 209. – С.8-14.
130. Турекьян, К. К. Геохимия стронция / К. К. Турекьян, Дж. Калп // Геохимия редких элементов. – М. : Изд-во иностран. лит-ры, 1959. – С. 69–157.
131. Урванцев Н.Н. Геолого-тектонические особенности формирования медно-ниелевых руд Норильска //Уч. зап. НИИГА. Региональная геология, вып. 18, 1970. С. 39-55.

132. Федоренко, В.А. Петрохимическая серия эффузивных пород Норильского района //Геология и Геофизика, № 6, 1981. С. 71-88.
133. Федоренко В.А., Стифеева Г.Т., Макеева Л.В. и др. Базитовые и щелочно - базитовые интрузии норильского района в связи с их комагматичностью эффузивным образованиям. // Геология и геофизика, 1984, № 6, с. 56 – 65.
134. Шиманский, А. А. Первичные ореолы медно-никелевых месторождений норильско-талнахского типа / А. А. Шиманский, П. Н. Райковский / Второй международный симпозиум «Методы прикладной геохимии». – Новосибирск: Наука, 1983. – С. 69–75.
135. Юдина, В. В. Некоторые явления метаморфизма и метасоматоза, связанные с Талнахской дифференцированной интрузией габбродолеритов // Соотношение магматизма и метаморфизма в генезисе ультрабазитов. – М. : Наука, 1965. – С. 112–175.
136. Юдина, В. В. Соотношение медно-никелевого и магнетитового оруденения на северо-западе Сибирской платформы / В. В. Юдина [и др.] // Состояние и направление исследований по металлогении траппов. – Красноярск, 1974. – С. 119–120.
137. M. W., Davideek K. and Wang W., 1988. The age of the Permian-Nrassic boundary at Meishan, southern China. Science. – V. 280. – P. 1039–1045.
138. Czamanske G. K., Zeniko T. E., Fedorenko V. A., Calk L. C., Budahn J. R., Bullock J. H., Fries T. L., King B-S. and Siems D. F., 1995. Petrographic and geochemical characterisation of ore-bearing intrusions of the Noril`sk type, Siberia: wich Discussion of their origin. Resourct Geology Special Issue, No. 18. – P. 1–48.
139. E. L. Horstman, The distribution of lithium, rubidium and caesium in igneous and sedimentary rocks, Geochim, et Cosmochim. Acta, 12, № ½, 1957.
140. Lind T. N., Kropotov S. V., Czamanske G. K., Fedorenko V. A., 1994. paleomagnetism of the Siberian flood basalts jf the Noril`sk area: f cjnstraint on eruption duration. Int. Geol. Rev. 36, 1139–1150.
141. Lightfoot P. C., Hawkesworth C. J., Hergt J., Naldrett A. J., Gorbachev N. S., Fedorenko V. A., Doherty W. Remobilisation of the continental lithosphere by a mantle plume: major-, trance-lement, and Sr-, Nb-, and Pb- isotope evidence from picritic and toleitic lavas of the Noril`sk district, Siberian trap, Russia // Contrib. Mineral. Petrol. 1993. V. 114. P. 171–178.
142. Kamo S. L., Czamanske G. K., Krogh T. E. A minimum U-Pb age for Siberian flood vocanism // Geochim. Cosmocyim. Acta. 1996. – V. 60. – P. 3505–3511.
143. Kamo S. L., Czamanske G. K., Amelin Y., Fedorenko V. A., Trofimov V. R. U-Pb zircon and baddeleyite and U-Th-Pb perovskite ages for Siberian flood vocanism, Maymecha-Kotui area, Siberia (abs) Coldschmidt 2000, Oxford, UK // Journal of Conference Abstracts. 2000. V. 5. № 2. P. 569.
144. White R. S., Mc Kenzie D. Mantle plumes and flood basalts // J. Geophys Res. 1995. – V. 100. – P. 17543–17585.
145. Wooden J.L., Czamanske G.K., Fedorenko V.A., Arndt N.T., Chauvel C., Bouse R.M., King Bi-Shia W., Knight R.j., Siems D.F. isotopic andd trance-element constraints on mantle and crustal contribution to Siberian continental flood basalts, Noril`sk area, Siberia //Geochim. Cosmochim. Acta. 1993. V. 57. P. 3677-3704.

Фондовая

1. Генкин А.Д., Гладышев Г.Д., Дистлер В.В. и др. Сплошные и брекчиевидные руды поля Октябрьского рудника. Промежуточный отчет по теме: «Детальное петрохимическое и минералогическое изучение вещественного состава руд и вмещающих пород Талнахского и Октябрьского месторождений для выбора рациональных схем переработки руд и обеспечения их оптимальной шихтовки для обогатительного и металлургического передела». Москва, 1972.
2. Кравцов В.Ф. и др. Геология и подсчет запасов сульфидных медно-никелевых руд

- Талнахского рудного узла по состоянию на 01.07.1975г. Норильск, 1975.
3. Кравцов В.Ф. Седых Ю.Н. Постанен С.М. Геология и подсчет запасов сульфидных медно-никелевых руд северных флангов Талнахского рудного узла по состоянию на 01.07.1987г. (Октябрьское и Талнахское Месторождения) НКГРЭ, 1987 24кн 12п
 4. Кузьмин Е.Е. Результаты гидрохимических исследований в Норильском в Норильском промышленном районе. 1971 (Фонды НКГРЭ, инв. 2768)
 5. Люлько В.А., Глушницкий О.Т. Геологическое строение и полезные ископаемые юго-западного окончания плато Хараелах (Окончательный отчет Талнахской ГСП о геологической съемке масштаба 1:50000 листов R-45-93 А и Б, R-45-94 А и Б, В и Г за 1963 – 1966 гг.) г. Норильск, 1967г. инв.2474. 550стр., 362стр.текст.прил., 132л. граф.прил.
 6. Люлько В.А. и др. Опорная легенда к геологической карте масштаба 1:50000. Серия Норильская. Норильск, 1993г.
 7. Маслов Г.Д., Нестеровский В.С. Геологическая карта центральной части Норильского района масштаба 1: 50000, 1960г. (Фонды НКГРЭ, инв. 1893)
 8. Певзнер В. С. «Геохимическое районирование Норильской площади в масштабе 1:200 000. 1992 г.»
 9. Рябов В. В. «Общие геохимические поиски Cu-Ni месторождений на основе детализации и оценки геохимических аномалий на севере Красноярского края. 1987 г.»
 10. Спейт Ю.А. Геологическое строение южной части Норильского района (отчет о работе Норильской геолого-съемочной партии за 1941г. (Фонды НКГРЭ, инв. 0303)
 11. Струнин Геологическое строение и полезные ископаемые Норильского района (Отчет о геологическом доизучении масштаба 1:200000 Норильской площади 1982-1988 г. (Фонды НКГРЭ, инв. 3331)
 12. Шадрин Л.М. Лунин Э.Б. Результаты структурно-поисковых работ в северо-западной части Талнахского рудного узла (отчет за 1969-73г.г.) R-45-93-АБ-Лесноозерская площадь. Норильск, 1973г. инв. 02867. 250 стр., 35л. граф.прил.
 13. Шадрин Л.М. Федоренко В.А. Выявление и геолого-петрологическое исследование апофиз дифференцированных интрузий Норильского р-на с целью поисков никеленосных массивов и их ветвей, перспективных на богатые руды (отчет по теме 414 за 1982-86г.г.). Норильск, 1986г. инв.3265. 443стр., 380стр.текст.прил., 9л. граф.прил.

ПРИЛОЖЕНИЯ

Приложение 1. Таблица 1

Средние химические составы вулканических пород Норильского района

Компонент	Свита								
	km	hr	mk	mr ₂	mr ₁	nd ₃	nd ₂	nd ₁	hk
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
SiO ₂	49,6	49,3	49,7	49,6	50,2	50,7	52,9	52,8	52,7
TiO ₂	1,5	1,4	1,3	1,2	1,1	1,1	1,1	1	0,9
Al ₂ O ₃	15,5	15,6	16	16,2	15,7	16,2	15,7	15,7	15,1
FeOT	12,3	12,3	11,8	11,4	11,3	10,6	10,1	9,4	9,3
MgO	6,6	7,3	7,3	7,4	7,1	6,6	6,3	6,7	7,1
CaO	11,2	11,1	11,5	11,6	11,7	11,5	9,8	9,9	10,4
Na ₂ O	2,4	2,3	2,2	2,04	2,2	2,7	2,5	2,7	2,3
K ₂ O	0,37	0,35	0,31	0,34	0,37	0,7	1,3	1,4	1,9
P ₂ O ₅	0,2	0,16	0,14	0,13	0,13	0,16	0,13	0,12	0,1
Sm	3,54	3,48	3,30	3,10	3,47	3,62	4,16	3,84	3,36
Th	1,4	0,95	0,9	1,1	1,65	2,1	3,2	3,1	2,5
Hf	3	2,6	2,4	2,4	2,7	2,7	3,5	3,1	2,1
La	9,4	7	7,3	7,7	10,3	13,4	17,9	16,9	16,5
Nd	14	11,4	11,6	11	13,5	14,9	18,5	17,3	15,3
Rb	8,3	6,9	6,5	6,1	6,8	14	37,3	41	50
Y	31	27	24	24	24	26	24	22	25
Yb	3	2,8	2,5	2,4	2,3	2,3	2,4	2,1	1,8
Pt	11	11	9,46	9,11	6,23	7,8	2,5	5	5,8
Pd	14	15	8,9	7,74	4,91	4,1	2	2,9	6,9
⁸⁷ Sr/ ⁸⁶ Sr	0.7047	0.7046	0.7055	0.7051	0.7063	0.7065	0.7086	0.7082	0.7057
εNd	2.38	2.32	1.23	1.99	-0.24	-2.49	-7.90	-8.45	-2.03
Ba	12,0	16,0	12,0	16,0	16,0	27,0	21,0	26,0	42,0
Cu	14,0	17,0	14,0	12,0	10,0	8,0	7,5	3,4	7,0
Ni	10,0	8,0	10,0	10,0	8,0	7,0	5,0	2,0	5,0
Co	4,0	3,6	4,0	4,0	4,0	3,0	3,5	3,0	2,4
Cr	15,6	14,2	14,4	12,0	13,6	12,4	7,9	13,6	32,0
V	28,0	28,0	29,0	27,0	27,0	26,0	27,0	26,0	24,0
Zr	5,3	5,0	5,0	4,0	5,0	6,0	6,0	7,0	8,0
Zn	9,0	9,0	9,0	8,0	7,0	7,0	7,0	5,5	5,0
Pb	0,27	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3	0,6	0,5	0,4
Mn	92,0	92,0	96,0	95,0	93,0	92,0	84,0	83,0	79,0
Sr	19,3	18,1	18,0	19,3	22,8	27,0	33,0	28,0	18,8

Примечание: по опубликованным материалам А.Дж. Налдретта (2003):. Породообразующие окислы пересчитаны на 100%. Окислы – вес.%, ЭПГ – *ppb*. Изотопные показатели первичные, пересчитанные на возраст 250 млн лет.

Продолжение таблицы 1

Компонент	Свита					
	gd ₂	gd ₁	sv	iv ₃	iv ₂	iv ₁
1	11	12	13	14	15	16
SiO ₂	48,6	50,9	53,2	53,3	50,7	47,3
TiO ₂	1,5	1,8	1,7	2,3	2,35	3,8
Al ₂ O ₃	10,3	17,1	15,8	15,2	15,6	15,5
FeOT	13,4	10,1	10,1	12,2	13,7	14,7
MgO	15,9	6,5	6,2	3,3	4,67	4,7
CaO	8,4	9,4	8	6,8	6,5	7
Na ₂ O	1,5	3,2	3,3	3,3	4	3,8
K ₂ O	0,2	0,8	1,4	2,4	1,5	1,7
P ₂ O ₅	0,1	0,2	0,3	0,8	0,7	1,33
Sm	3,22	4,54	5,7	11,36	9,47	10,41
Th	0,9	1,4	3,3	5,7	3,6	5,7
Hf	2,3	3,4	4,9	8,4	6,9	7,1
La	6,6	14,4	23,2	49,2	37,5	48,4
Nd	11,6	18,5	25,6	54,6	43,9	51,8
Rb	5,3	18,9	35,2	46,51	33	33,3
Y	16	23	26	47	40	53
Yb	1,3	1,9	2,3	4,1	3,6	4,4
Pt	8,8	5,8	3	0,5	0,5	0,5
Pd	6,9	2,7	2	0,5	0,5	0,5
⁸⁷ Sr/ ⁸⁶ Sr	0,7063	0,7058	0,7059	0,7065	0,7063	0,706
εNd	4,05	0,3	-2,03	-3,01	-4,46	-0,20
Ba	10,0	18,0	29,0	47,0	41,0	36,0
Cu	10,0	6,0	4,8	3,7	2,6	3,0
Ni	26,0	10,0	3,8	1,7	1,0	1,4
Co	3,6	2,8	2,2	1,3	0,8	1,4
Cr	81,9	22,1	20,9	4,5	2,3	1,4
V	21,0	23,0	23,0	20,0	15,0	13,0
Zr	5,5	8,0	9,0	11,0	14,0	9,3
Zn	7,0	5,5	5,3	7,0	5,5	6,7
Pb	0,4	0,3	0,6	0,6	0,5	0,6
Mn	79,0	81,0	92,0	85,0	79,0	78,0
Sr	15,6	45,3	43,2	31,5	54,5	42,5

Приложение 2. Таблица 2

Среднефоновые содержания вулканических пород Хараелахской мульты

свита	кол-во	Содержание, $n \cdot 10^{-3}$ вес. %								
		K	Ba	Cu	Ni	Co	Cr	Ti	V	Zr
1	2	3	4	5	6	7	8	9	11	12
T ₁ sm ₃	90	322,3	14,4	16,3	8,8	3,6	13,2	602,8	27,1	6,8
T ₁ sm ₂	86	354,7	15,6	14,8	8,9	3,6	12,1	612,2	26,3	8,2
T ₁ sm ₁	357	378,2	15,9	13,6	9,3	3,3	18,5	493,8	21,3	9,3
T ₁ km	398	389,1	17	13,9	8,2	3,4	14,4	526,4	22,7	8,9
T ₁ hr _{2/2}	153	417,5	11,4	12,6	9,3	3,8	11,8	545,4	24,9	6,7
T ₁ hr _{2/1}	23	334,8	11	17,1	9,2	3,6	11,5	610,9	28,9	7,1
T ₁ hr _{1/2}	184	394,4	11,4	16	10	3,8	13,1	467,4	26,6	5,9
T ₁ hr _{1/1}	73	361,3	12,4	15,8	9,8	3,6	13,1	547,9	28,9	5,3
T ₁ mk _{2/2}	147	383	14,1	14,6	10,3	3,8	11,6	516,3	28,2	5,6
T ₁ mk _{1/2}	229	353,9	14,1	13,2	9,7	3,8	11,1	504,6	25,7	6,2
T ₁ mk _{2/1}	143	400,3	15,8	12,5	9	3,8	11,9	460,8	27,8	5,2
T ₁ mk _{1/1}	137	386	14,1	15,1	9,9	3,8	11,5	491	27,7	6,2
T ₁ mr	776	426,9	15,9	11,4	8,9	3,7	11,2	495,1	26,9	6,5
T ₁ nd ₃	54	460,3	27,2	9,3	6,1	3,2	8,09	443,5	25,2	6,9
T ₁ nd ₂	260	602,4	28,8	6,5	4,3	3,1	8,7	462,9	27,9	7,5
T ₁ nd ₁	334	615,3	31,2	6,3	4,09	3,2	12,9	424,7	26,2	7,3
T ₁ hk	72	638,3	27,3	9,3	10,9	3,7	31,7	450,7	27	8
T ₁ gd ₂	295	447,9	13,7	13,8	22,3	4,5	50,5	589,1	26	6,9
T ₁ gd ₁	92	690,3	28,8	7,5	8,6	3,2	17,1	714,4	23,1	8,6
T ₁ sv	77	684,4	33,5	4,8	4,8	2,6	14,9	690,3	23,9	9,5
P ₂ iv ₃	95	705,0	47,2	3,7	1,7	1,2	4,5	781,0	18,1	11,0
P ₂ iv ₂	45	745,2	41,0	2,6	1,4	1,0	2,3	695,0	15,0	14,0
P ₂ iv ₁	37	800,1	36,0	1,0	1,0	1,4	1,4	818,0	13,0	9,3

Примечание: Самоедская свита (T₁sm): базальты толеитовые T₁sm₃ - гломеропорфировый, T₁sm₂ – пойкилоофитовый, T₁sm₁ - афировый; *Кумгинская свита (T₁km)* – толеитовые базальты гломеропорфировой структуры; *Хараелахская свита (T₁hr₂)* – толеитовые базальты верхней подсвиты: афировой (T₁hr_{2/2}), порфировой (T₁hr_{2/1}) структур; нижней подсвиты: толеитовые базальты гломеропорфировой (T₁hr_{1/2}) и порфировый (T₁hr_{1/1}); *Мокулаевская свита (T₁mk):* верхняя подсвита базальты толеитовые порфировой структуры (T₁mk_{2/2}), нижняя подсвита: базальты гломеропорфировой (T₁mk_{1/1}) и пойкилоофитовой (T₁mk_{1/1}) структуры; *Моронговская свита (T₁mr)* – толеитовые базальты порфировой и афировой структур; *Надеждинская свита (T₁nd)* – верхняя подсвита базальты гломеропорфировые (T₁nd₃), средняя подсвита (T₁nd₂) – порфировые базальты, нижняя подсвита (T₁nd₁) – гломеропорфировые и афировые базальты; *Хаканчанская свита (T₁tk)* – туфы и толеитовые базальты; *Гудчихинская свита (T₁gd):* базальты пикритовые (T₁gd₂), базальты порфировые (T₁gd₁); *Сыверминская свита (T₁sv)* – базальты толеитовые; *Ивакинская свита (P₂iv)* - верхняя подсвита (P₂ iv₃), двуполевошпатовые, средняя подсвита (P₂ iv₂), лабрадорные, нижняя подсвита (P₂ iv₁), титан-авгитовые.

Продолжение таблицы 2

Свита	кол-во	Содержание, $n \cdot 10^{-3}$ вес. %								
		Y	Yb	Sc	Sn	Mo	Pb	Zn	Ag	Ga
1	2	13	14	15	16	17	18	19	20	21
T _{1sm2}	90	0,5	0,3	2,2	0,4	0,1	0,4	8,2	0,05	1,1
T _{1sm1}	86	0,5	0,3	2,4	0,4	0,1	0,3	9,2	0,05	1,2
T _{1km}	357	0,6	0,2	1,7	0,3	0,2	0,4	9,63	0,05	1,06
T _{1hr2/2}	398	0,5	0,2	1,7	0,3	0,2	0,3	10,5	0,05	1,06
T _{1hr2/1}	153	0,6	0,2	2,04	0,4	0,1	0,4	8,01	0,05	1,06
T _{1hr1/2}	23	0,4	0,2	2,3	0,4	0,1	0,4	9,3	0,05	1,1
T _{1hr1/1}	184	0,3	0,2	2,01	0,4	0,1	0,4	8,5	0,05	1,1
T _{1mk2/2}	73	0,3	0,2	1,9	0,4	0,1	0,4	8,4	0,05	1,1
T _{1mk1/2}	147	0,3	0,2	1,9	0,4	0,09	0,4	8,7	0,05	1,2
T _{1mk2/1}	229	0,3	0,2	1,9	0,4	0,1	0,4	8,2	0,05	1,2
T _{1mk1/1}	143	0,3	0,2	1,9	0,4	0,09	0,4	7,7	0,05	1,1
T _{1mr}	137	0,3	0,2	1,8	0,4	0,09	0,4	8,1	0,05	1,1
T _{1nd3}	776	0,5	0,2	2,08	0,4	0,09	0,4	6,9	0,06	1,1
T _{1nd2}	54	0,5	0,2	2,08	0,4	0,09	0,4	6,9	0,06	1,1
T _{1nd1}	260	0,5	0,2	1,7	0,4	0,1	0,5	6,2	0,05	2,6
T _{1tk}	334	0,5	0,2	1,7	0,4	0,1	0,8	8,3	0,05	1,2
T _{1hk}	116	0,6	0,2	2,04	0,4	0,1	0,7	7	0,05	1,2
T _{1gd2}	72	0,2	0,2	1,6	0,4	0,1	0,5	7,2	0,08	1,1
T _{1gd1}	295	0,6	0,2	1,9	0,4	0,09	0,5	6,7	0,05	0,9
T _{1sv}	92	0,3	0,2	1,9	0,4	0,1	0,5	8,2	0,05	0,9
P _{2iv3}	77	0,2	0,4	2,03	0,4	0,2	0,5	5,9	0,05	1,2
P _{2iv2}	16	0,4	0,2	1,8	0,4	0,1	0,6	6,1	0,05	1,2
P _{2iv1}	42	0,9	0,2	1,9	0,4	0,1	0,7	8,6	0,05	1,4

Окончание таблицы 2

Свита	кол-во	Ga	P	Mn	Sr
11	2	21	22	23	24
T ₁ sm ₂	90	1,1	105,6	88,2	18,8
T ₁ sm ₁	86	1,1	105,6	88,2	19,0
T ₁ km	357	1,2	103,3	90,6	19,3
T ₁ hr _{2/2}	398	1,06	89,05	75,6	18,1
T ₁ hr _{2/1}	153	1,06	100,2	77,7	18,1
T ₁ hr _{1/2}	23	1,06	101,3	95,4	18,1
T ₁ hr _{1/1}	184	1,1	121,7	89,1	18,1
T ¹ mk _{2/2}	73	1,1	100	94,9	18,0
T ₁ mk _{1/2}	147	1,1	101,4	93	18,0
T ₁ mk _{2/1}	229	1,2	104,8	92,2	19,0
T ₁ mk _{1/1}	143	1,2	106,1	97,6	21,1
T ₁ mr	137	1,1	102,8	88,2	19,3
T ₁ nd ₃	776	1,1	104,4	96,1	27,00
T ₁ nd ₂	54	1,2	100,4	81,7	33,0
T ₁ nd ₁	260	1,1	101,7	94	28,0
T ₁ tk	334	2,6	101,9	35,9	18,8
T ₁ hk	116	1,2	100,4	81,7	18,8
T ₁ gd ₂	72	1,2	102,1	80,6	15,6
T ₁ gd ₁	295	1,1	100	87,6	45,3
T ₁ sv	92	0,9	100	77,6	43,2
P ₂ iv ₃	77	0,9	107,2	82,9	31,5
P ₂ iv ₂	16	1,2	131,5	80,2	54,5
P ₂ iv ₁	42	1,2	116,9	72,3	42,5

Приложение 3. Таблица 3

Среднефоновые содержания вулканических пород Талнахского рудного узла

Свита, базальт, структура	Кол-во определений	Компоненты, содержания $n \cdot 10^{-3}$ вес.%						
		К	Ва	Сu	Ni	Со	Cr	Ti
1	2	3	4	5	6	7	8	9
Триас, нижний отдел								
Хараелахская свита $T_1 hr$, толеитовые, афировой, пойкилоофитовой	73	361,3	12,4	15,8	9,8	3,6	13	548
Мокулаевская свита. $T_1 mk$, верхняя подсвита ($T_1 mk_3$) афировый порфировый	41	383	14,1	14,6	10,3	3,8	12	516
пойкилоофитовый	70	353,9	14,1	13,2	9,7	3,8	11	505
средняя и нижняя подсвиты ($T_1 mk_2 - 1$), слабовыраженной гломеропорфировой гломеропорфировый	41	400,3	15,8	12,5	9	3,8	12	461
Моронговская свита $T_1 mr$, верхняя подсвита ($T_1 mr_2$) порфировые, афировые, пойкилоофитовые	53	386	14,1	15,1	9,9	3,8	12	491
нижняя подсвита ($T_1 mr_1$), порфировые	81	415,0	16	12	10	4	10	445
Надеждинская свита $T_1 nd$, верхняя подсвита ($T_1 nd_3$) базальты гломеропорфировые	78	426,9	15,9	11,4	8,9	3,7	11	495
средняя подсвита ($T_1 nd_2$), слабовыраженной гломеропорфировой	54	460,3	27,2	9,3	6,1	3,2	8,1	444
нижняя подсвита ($T_1 nd_1$), полифировые	32	602,4	28,8	6,5	4,3	3,1	8,7	463
Хаканчанская свита $T_1 hk$, туфы, туффиты	43	615,3	31,2	6,3	4,09	3,2	13	425
Хаканчанская свита $T_1 hk$, базальты	48	451,2	26,2	10	7,7	3,7	32	403
Гудчихинская свита $T_1 gd$, верхняя подсвита ($T_1 gd_2$), пикритовый	72	638,3	27,3	9,3	10,9	3,7	32	451
нижняя подсвита ($T_1 gd_1$), порфировые, гломеропорфировые	175	447,9	13,7	13,8	22,3	4,5	51	589
Сыверминская свита $T_1 sv$, толеитовый	92	690,3	28,8	7,5	8,6	3,2	17	714
Пермь, верхний отдел								
Ивакинская $P_2 iv$ свита, верхняя подсвита ($P_2 iv_3$), двуполевошпатовые	16	800,1	47,0	3,7	14,7	1,3	4,5	781,0
средняя подсвита ($P_2 iv_2$), лабрадорные	92	745,0	41,0	2,6	1,0	0,8	0,9	695,0
нижняя подсвита ($P_2 iv_1$), титанавгитовые	95	800,0	36,0	3,0	1,4	1,4	1,4	818,0

продолжение таблицы 3

Свита, базальт, структура	Кол-во определений	Компоненты, содержания $n \cdot 10^{-3}$ вес. %					
		V	Zr	Y	Yb	Sc	Sn
1	2	10	11	12	13	14	15
Триас, нижний отдел							
Харелахская свита $T_1 hr$, толеитовые, афировой, пойкилоофитовой	73	28,9	5,0	0,3	0,2	1,7	0,4
Мокулаевская свита. $T_1 mk$, верхняя подсвита ($T_1 mk_3$) афировый порфировый	41	28,2	5,0	0,3	0,2	1,7	0,4
пойкилоофитовый	70	25,7	6,0	0,3	0,2	1,8	0,4
средняя и нижняя подсвиты ($T_1 mk_2 -1$), слабовыраженной гломеропорфировой гломеропорфировый	41	27,8	5,0	0,3	0,2	1,8	0,4
Моронговская свита $T_1 mr$, верхняя подсвита ($T_1 mr_2$) порфировые, афировые, пойкилоофитовые	53	27,7	5,0	0,3	0,2	1,9	0,4
нижняя подсвита ($T_1 mr_1$), порфировые	81	27,0	4,0	0,4	0,2	2,03	0,4
Надеждинская свита $T_1 nd$, верхняя подсвита ($T_1 nd_3$) базальты гломеропорфировые	78	26,9	5,0	0,5	0,2	2,08	0,4
средняя подсвита ($T_1 nd_2$), слабовыраженной гломеропорфировой	54	25,2	6,0	0,5	0,2	1,7	0,4
нижняя подсвита ($T_1 nd_1$), полифировые	32	27,9	6,0	0,5	0,2	1,7	0,4
Хаканчанская свита $T_1 hk$, туфы, туффиты	43	26,2	7,0	0,6	0,2	2,04	0,4
Хаканчанская свита $T_1 hk$, базальты	48	28,8	9,0	0,2	0,2	1,6	0,4
Гудчихинская свита $T_1 gd$, верхняя подсвита ($T_1 gd_2$), пикритовый	72	27	8,0	0,6	0,2	1,9	0,4
нижняя подсвита ($T_1 gd_1$), порфировые, гломеропорфировые	175	26	5,5	0,3	0,4	1,8	0,4
Сыверминская свита $T_1 sv$, толеитовый	92	23,1	8,0	0,2	0,2	2,03	0,4
Пермь, верхний отдел							
Ивакинская $P_2 iv$ свита, верхняя подсвита ($P_2 iv_3$), двуполевошпатовые	95	23,9	9,0	0,4	0,2	1,9	0,4
средняя подсвита ($P_2 iv_2$), лабрадоровые	16	20,0	11,0	0,9	0,2	1,9	0,4
нижняя подсвита ($P_2 iv_1$), титан-авгитовые	92	15,0	14,0	0,9	0,2	1,9	0,4
	95	13,0	9,3	0,9	0,2	1,9	0,4

продолжение таблицы 3

Свита, базальт, структура	Кол-во определений	Компоненты, содержания $n \cdot 10^{-3}$ вес. %					
		Mo	Pb	Zn	Ag	Ga	P
1	2	16	17	18	19	20	21
Триас, нижний отдел							
Хараেলাхская свита $T_1 hr$, толеитовые, афировой, пойкилоофитовой	73	0,11	1,0	8,5	0,05	1,1	100,1
Мокулаевская свита. $T_1 mk$, верхняя подсвита ($T_1 mk_3$) афировый порфиновый	41	0,1	1,4	8,4	0,05	1,1	104,8
пойкилоофитовый	70	0,1	1,1	8,2	0,05	1,2	106,1
средняя и нижняя подсвиты ($T_1 mk_2 -1$), слабовыраженной гломеропорфиновой гломеропорфиновый	41	0,09	1,1	7,7	0,05	1,2	102,8
53	0,09	1,1	8,1	0,05	1,1	104,4	
Моронговская свита $T_1 mr$, верхняя подсвита ($T_1 mr_2$) порфиновые, афировые, пойкилоофитовые	81	0,09	1,0	6,8	0,05	1,1	101,7
нижняя подсвита ($T_1 mr_1$), порфиновые	78	0,09	0,9	6,9	0,05	1,1	
Надеждинская свита $T_1 nd$, верхняя подсвита ($T_1 nd_3$) базальты гломеропорфиновые	54	0,1	0,5	6,2	0,05	2,6	101,9
средняя подсвита ($T_1 nd_2$), слабовыраженной гломеропорфиновой	32	0,1	0,8	8,3	0,05	1,2	100,4
нижняя подсвита ($T_1 nd_1$), полифировые	43	0,1	0,7	7,0	0,05	1,2	102,1
Хаканчанская свита $T_1 hk$, туфы, туффиты	48	0,1	1,1	7,2	0,05	1,1	100,0
Хаканчанская свита $T_1 hk$, базальты	72	0,09	0,5	6,7	0,05	0,9	100,0
Гудчихинская свита $T_1 gd$, верхняя подсвита ($T_1 gd_2$), пикритовый	175	0,1	0,6	8,2	0,05	0,9	107,2
нижняя подсвита ($T_1 gd_1$), порфиновые, гломеропорфиновые	92	0,1	0,5	5,9	0,05	1,2	131,5
Сыверминская свита $T_1 sv$, толеитовый	95	0,2	0,9	6,1	0,05	1,2	116,9
Пермь, верхний отдел							
Ивакинская $P_2 iv$ свита, верхняя подсвита ($P_2 iv_3$), двуполевошпатовые	16	0,1	1,1	7,2	0,05	1,4	130,0
средняя подсвита ($P_2 iv_2$), лабрадоровые	92	0,1	1,1	7,7	0,05	1,3	180,0
нижняя подсвита ($P_2 iv_1$), титан-авгитовые	95	0,1	1,8	8,6	0,05	1,4	262,5

Свита, базальт, структура	Кол-во определений	Компоненты, содержания, $n \cdot 10^{-3}$ вес. %	
		Mn	Sr
1	2	22	23
Триас, нижний отдел			
Хараелахская свита $T_1 hr$, толеитовые, афировой, пойкилоофитовой	73	92,0	18,1
Мокулаевская свита. $T_1 mk$, верхняя подсвита ($T_1 mk_3$) афировый порфировый	41	92,0	18,0
пойкилоофитовый	70	96,0	19,0
средняя и нижняя подсвиты ($T_1 mk_2 - 1$), слабовыраженной гломеропорфировой гломеропорфировый	41	94,0	21,1
53	94,0	21,1	
Моронговская свита $T_1 mr$, верхняя подсвита ($T_1 mr_2$) порфировые, афировые, пойкилоофитовые	81	95,0	19,3
нижняя подсвита ($T_1 mr_1$), порфировые	78	93,0	22,8
Надеждинская свита $T_1 nd$, верхняя подсвита ($T_1 nd_3$) базальты гломеропорфировые	54	92,0	27,0
средняя подсвита ($T_1 nd_2$), слабовыраженной гломеропорфировой	32	84,0	33,0
нижняя подсвита ($T_1 nd_1$), полифировые	43	83,0	28,0
Хаканчанская свита $T_1 hk$, туфы, туффиты	48		
Хаканчанская свита $T_1 hk$, базальты	72	79,0	18,8
Гудчихинская свита $T_1 gd$, верхняя подсвита ($T_1 gd_2$), пикритовый	175	79,0	15,6
нижняя подсвита ($T_1 gd_1$), порфировые, гломеропорфировые	92	81,0	45,3
Сыверминская свита $T_1 sv$, толеитовый	95	92,0	43,2
Пермь, верхний отдел			
Ивакинская $P_2 iv$ свита, верхняя подсвита ($P_2 iv_3$), двуполевошпатовые	16	85,0	31,5
средняя подсвита ($P_2 iv_2$), лабрадоровые	92	79,0	54,5
нижняя подсвита ($P_2 iv_1$), титан-авгитовые	95	78,0	45,2

Приложение 4. Таблица 4

Среднефоновые содержания вулканических пород Норильского рудного узла

Свита, базальт, структура	Кол-во определений	Компоненты, содержания $n \cdot 10^{-3}$ вес. %					
		Va	Cu	Ni	Co	Cr	Ti
1	2	3	4	5	6	7	8
Триас, нижний отдел							
Мокулаевская свита $T_1 mk$, афировый порфировый, пойкилоофитовый	45	21,5	14,1	8,0	3,9	9,97	220
Моронговская свита $T_1 mg$, порфиновые, афировые, пойкилоофитовые	38	23,5	8,7	7,8	3,8	8,7	310
Надеждинская свита $T_1 nd$, порфиновые	45	30,4	7,5	5,4	2,9	15,5	300
средняя подсвита ($T_1 nd_2$), слабовыраженной гломеропорфировой	32	29,7	6,14	3,4	3,21	12,6	300
нижняя подсвита ($T_1 nd_1$), полифировые	52	29,7	5,5	3,4	2,77	16,6	300
Туклонская свита $T_1 tk$, базальты	33	30,8	6,3	6,1	2,4	20,4	270
Гудчихинская свита $T_1 gd$, верхняя подсвита ($T_1 gd_2$), пикритовый	58	4,8	8,4	29,5	3,8	29,5	300
нижняя подсвита ($T_1 gd_1$), порфиновые, гломеропорфиновые	72	21,0	4,9	4,0	2,7	15,0	330
Сыверминская свита $T_1 sv$, толеитовый	68	37,3	4,2	4,8	2,75	15,8	400
Пермь, верхний отдел							
Ивакинская $P_2 iv$ свита, верхняя подсвита, двуполевошпатовые, лабрадоровые, титанавгитовые	45	39,5	4,2	3,1	2,15	10,4	720

Среднефоновые содержания вулканических пород Норильского рудного узла

Свита, базальт, структура	Кол-во определений	Компоненты, содержания $n \cdot 10^{-3}$ вес. %					
		V	Zr	Zn	Pb	Mn	Sr
1	2	9	10	11	12	13	14
Триас, нижний отдел							
Мокулаевская свита . $T_1 mk$, афировый порфиоровый, пойкилоофитовый	45	27,8	7,0	8,0	1,4	97,0	27,0
Моронговская свита $T_1 mg$, порфиоровые, афировые, пойкилоофитовые	38	26,0	9,0	7,9	1,1	105,0	35,0
Надеждинская свита $T_1 nd$, порфиоровые	45	21,4	9,1	8,1	1,4	71,5	27,5
средняя подсвита ($T_1 nd_2$), слабовыраженной гломеропорфиоровой	32	21,9	9,7	7,9	1,1	67,0	23,9
нижняя подсвита ($T_1 nd_1$), полифировые	52	20,7	7,2	7,7	1,2	65,7	25,1
Туклонская свита $T_1 tk$, базальты	33	20,5	11,5	4,5	1,1	63,4	27,2
Гудчихинская свита $T_1 gd$, верхняя подсвита ($T_1 gd_2$), пикритовый	58	18,3	9,4	7,1	1,1	98,3	22,0
нижняя подсвита ($T_1 gd_1$), порфиоровые, гломеропорфиоровые	72	22,0	10,0	4,5	1,1	79,0	29,0
Сыверминская свита $T_1 sv$, толеитовый	68	21,2	11,2	6,8	1,2	65,0	35,0
Пермь, верхний отдел							
Ивакинская $P_2 iv$ свита, верхняя подсвита, двуполеошпатовые, лабрадоровые, титан-авгитовые	45	20,9	11,5	6,2	1,4	74,0	33,0

Приложение 5. Таблица 5
Сравнение содержаний Cu, Ni, Co, Cr в лавах хараелахской - ивакинской свит
на изученных площадях Норильского региона

Компонент	Свита	Площадь				
		ТРУ	СД	КТ	К	НРУ
Cu	T ₁ hr	17,0	16,0	20,0	н/д	н/д
	T ₁ mr	12,0	12,1	43,9	11,4	8,7
	T ₁ mk	12,0	13,9	14,6	13,2	14,1
	T ₁ nd ₂	7,5	8,3	10,1	6,5	6,3
	T ₁ nd ₁	3,4	5,7	6,6	6,3	5,5
	T ₁ gd n	10,0	11,0	12	13,8	8,4
	T ₁ gd	6,0	9,5	н/д	7,5	4,86
	T ₁ sv	4,8	11,0	н/д	4,8	4,2
	P ₂ iv	3,7	6,5	1	2,4	н/д
Ni	T ₁ hr	8,0	11,6	12,1	н/д	н/д
	T ₁ mr	12,0	12,1	43,9	11,4	7,8
	T ₁ mk	9,0	10,7	10,1	9,7	8
	T ₁ nd ₂	5,0	7,2	7,8	4,3	6,1
	T ₁ nd ₁	2,0	3,8	3,7	4,1	3,4
	T ₁ gd n	26,0	19,7	20	22,3	29,5
	T ₁ gd	10,0	6,7	н/д	8,6	4
	T ₁ sv	3,8	19,7	н/д	4,8	4,8
	P ₂ iv	1,7	5,4	5	1,0	н/д
Co	T ₁ hr	3,6	3,9	3,9	н/д	н/д
	T ₁ mr	4,0	4,1	8,9	11,2	3,8
	T ₁ mk	4,0	3,8	3,9	3,8	3,9
	T ₁ nd ₂	3,5	3,4	5	3,1	2,4
	T ₁ nd ₁	3,0	3,4	2,3	3,2	3,8
	T ₁ gd n	3,9	4,0	4,7	4,5	3,8
	T ₁ gd	2,8	3,8	4	3,2	2,7
	T ₁ sv	2,2	4,0	н/д	2,6	2,75
	P ₂ iv	1,3	2,9	5	1,2	н/д
Cr	T ₁ hr	12,0	10,2	10,0	н/д	н/д
	T ₁ mr	10,0	9,3	8,9	11,2	8,7
	T ₁ mk	10,0	9,4	9,5	11,1	9,97
	T ₁ nd ₂	8,0	6,3	6,1	8,7	20,4
	T ₁ nd ₁	9,4	10,2	11,7	12,9	16,59
	T ₁ gd n	38,0	27,8	31,5	50,5	29,5
	T ₁ gd	17,0	15,0	3,2	17,1	15,01
	T ₁ sv	14,0	27,8	н/д	14,9	15,8
	P ₂ iv	1,8	2,0	2	1,8	2

Примечание: ТРУ - Талнахский рудный узел; СД - скважины Дъангинской площади (безрудная); КТ - Кыс-тыктахская площадь (безрудная); К - Кумгинская площадь (безрудная); НРУ - Норильский рудный узел

Приложение 6. Таблица 6
Химические составы пород рудоносных интрузий Талнахского рудного узла
(по материалам Szamanske et al., 1995)

Компоненты	Породы								
	Гл	Гкв	Мгаб	Гдиор	Гос	Го	Гп	Гт	Гк
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
SiO ₂	46,1	56,9	49,7	50,1	49,6	47	42,6	42,04	48,1
TiO ₂	0,56	2,09	3	1,3	1,14	0,88	0,66	0,71	1,2
Al ₂ O ₃	23	12,1	12,2	13,8	17,8	18,8	10,1	14,6	15,2
FeOT	7	14,5	22,1	11,6	10,9	13,3	20,6	19,9	12,5
MnO	0,16	0,25	0,41	0,27	0,22	0,22	0,22	0,21	0,22
MgO	6,1	2,35	6,9	6,4	8,2	14,6	25,1	16,8	7,2
CaO	11,6	6,8	10,6	11,9	13,8	11,5	7,2	10	10,3
Na ₂ O	2	6	3,3	2,5	2,4	1,9	1,01	1,12	1,91
K ₂ O	2,8	2,1	1,3	0,9	0,86	0,49	0,29	0,61	0,89
P ₂ O ₅	0,08	0,48	0,36	0,18	0,14	0,11	0,1	0,09	0,15
CO ₂	0,19	1,15	0,06	0,04	0,05	0,14	0,6	0,45	0,05
S	0,29	0,94	0,79	0,21	0,2	0,69	5,6	6,5	0,32
Cr	270	2,7	116	35	740	2750	4550	590	170
Ni	570	21	154	71	114	860	8700	7500	225
Co	36	31	83	46	47	94	316	316	54
Cu	700	124	870	235	192	1050	13800	21000	640
Au	30	2,5	8,3	7,1	16,3	19	175	491	7
Pd	840	1	4,6	0,6	2,85	410	3500	8500	66
Pt	370	0,6	4,2	180	130	47	1100	3200	28
Rb	85	42	46	37	30	21	12	27	31
Sr	350	254	275	290	290	280	146	215	250
Ba	400	370	350	230	250	184	94	136	330
Zr	48	370	166	122	87	68	56	49	98
La	6,7	39	23	12	8,4	5,3	4,6	4	10,1
Sm	2,1	17	6,6	3,7	3,1	2,3	1,9	1,8	3,71
Eu	0,7	3,4	2,3	1,2	1,1	0,84	0,58	0,59	1,17
Yb	1,2	10	5,1	2,7	2,5	1,8	1,48	1,31	2,56
Y	20	114	47	31	36	20	14	19	27

Примечание: Гл – лейко-габбро, Гкв – кварцсодержащее габбро, Мгаб – магнетитовое габбро, Гдиор. – габбро-диорит, Гос – габбродолерит оливинсодержащий, Го – габбродолерит оливиновый, Гп – габбродолерит пикритовый, Гт – габбродолерит такситовый, Гк – габбродолерит контактовый. Железо общее в виде FeOT. Породообразующие окислы, CO₂ и S – мас.%. Au и ЭПГ – *ppb*, остальные элементы в *ppm*.

Приложение 7. Таблица 7.

Сравнение средних составов силлов слаборудоносного Нижнеталнахского и рудоносного Хараелахского интрузивов с базальтами надеждинской – моронговской свит

КОМПОНЕНТ	СНТИ	СХИ	nd ₁	nd ₂	nd ₃	mr ₁	mr ₂
SiO ₂	51,81	49,22	52,87	52,8	50,72	50,2	49,49
TiO ₂	0,96	1,2	0,96	1,07	1,05	1,15	1,16
Al ₂ O ₃	15,5	16	15,91	15,9	16,41	15,9	16,52
FeOT	10,47	11,61	9,38	10,2	10,62	11,3	11,37
MgO	7,45	6,94	6,67	6,27	6,59	7,06	7,3
K ₂ O	0,82	0,67	1,32	1,24	0,74	0,4	0,32
Sr	322	266	267	331	267	222	188
Y	20	23	21	23	24	23	22
Zr	107	85	122	136	111	104	91
Nd	6,25	4,22	8,17	9,03	7,05	5,66	4,77
Rd	15	15	38	35	15	6	4
Ba	254	224	423	397	416	319	245
Cr	69	156	132	82	134	131	150
V	221	256	207	214	228	269	262
Ni	53	103	25	43	80	81	109
Cu	66	121	32	81	96	104	124
La	11,8	7	17	17,9	13,4	10,3	7,5
Sm	3,44	3,17	3,82	4,14	3,58	3,42	3,07
Hf	2,99	2,51	3,13	3,53	2,81	2,67	2,47
Th	2,4	0,95	3,16	3,25	2,1	1,65	1,1
U	0,7	0,35	0,83	0,88	0,89	0,6	0,42
La/Sm	3,43	2,2	4,46	4,33	3,74	3,01	2,45

Примечание: СНТИ – силлы Нижнеталнахского интрузива; СХИ – силлы Хараелахского интрузива; *nd* – базальты надеждинской свиты; *mr* – базальты моронговской свиты. Содержания оксидов (вес.%) пересчитаны на 100% без ппп. Содержание элементов-примесей в *ppm*.

Приложение 8. Таблица 8

Средний химический состав сплошных и медистых руд

Инtruзия	Скважины	Массивные руды			Медистые руды		
		Cu вес. %	Ni вес. %	Ni/Cu	Cu вес. %	Ni вес. %	Ni/Cu
1	2	3	4	5	6	7	8
Талнахская	П-1769	4,33	5,81	1.3	3,86	5,18	1.3
	КЗ-1796	3,97	6,39	1.6			
	КЗ-1739	5,48	5,24	0.97	4,82	4,58	0.95
	Комс. (шахта восток)				1.97	0.79	0.4
	Скал.				2.06	0.74	0.35
	Маяк				3.21	0.65	0.2
Хараелахская (центр)	КЗ-1162	15,0 5	4,48	0.3	12,9	3,84	0.3
Хараелахская (восток)	КЗ-1812	4,33	5,81	1.3	3,9	4,63	1.2
	КЗ-1838				1,1	0,8	0.7
Хараелахская (запад)	П-3202	21,6	2,76	0.1			
	КЗ-868	5,32	3,92	0.7	3,83	2,89	0.75
	КЗ-835	3,68	3,37	0.9			
	КЗ-837	5,77	3,4	0.6			
	КЗ-588	5,43	3,41	0.6			
	КЗ-839	6,79	3,43	0.5			
	КЗ-860	4,19	3,42	0.82			
	КЗ-862	6,58	3,45	0.52			
	Окт Cu	19,5	3,38	0.17	4.95	1.10	0.2
	Тайм	4,39	3,99	0.9	4,05	3,57	0.9
	Комс (участок Западны й)				2.19	0.76	0.35

Приложение 9. Таблица 9
Средние составы ЭПГ и показатель отношения (Pt+Pd)/(Ru+Os+Ir) в сульфидах вкрапленных, массивных и «медистых руд» Талнахского рудного узла

Месторождение, поле рудника, скважины	М (м)	Pd	Pt	Ru	Os	Ir	(Pd+Pt)/ (Ru+Os+Ir)
Октябрьское месторождение. Западная часть							
<i>Вкрапленные руды</i> Скв. КЗ-868	18	6415	469	24	14	9	167
Р-к Октябрьский		14980	3570	18	47	37	181
<i>Массивные руды</i>							
Скв. КЗ-868		2391	649	8	5	5	168
Р-к Таймырский		5854	1438	75	63	37	42
<i>Богатые медью массивные руды</i> (шахта Окт.)		43503	9011	4	16	11	1694
<i>Медистые руды</i>							
(р-к Октябрьский)							76
Октябрьское месторождение. Центральная и восточная часть							
<i>Вкрапленные руды</i>							
Скв. КЗ-1162	48	2384	611	14	6	5	120
Скв. КЗ-1812	8	2638	508	18	8	7	95
<i>Массивные руды</i>							
Скв. КЗ-1162	5	15344	2400	10	7	9	687
Скв. КЗ-1812 р-к Глубокий	3	7454	1390	64	54	27	52
<i>Медистые руды</i>							
Скв. КЗ-1812	4	2954	879	118	54	30	19
Р-к Комсомольский (шахта Запад)		6630	1740	290	20	30	25

Талнахское месторождение							
<i>Вкрапленные руды</i>							
Скв. КЗ-1739	59	2271	604	26	12	8	62
Скв. КЗ-1796 р-к Скалистый	24	2260	779	45	23	15	37
Скв. П-1769	46	3335	1142	32	15	10	79
р-к Маяк		5875	2312	70	37	30	60
<i>Массивные руды</i>							
Скв. КЗ-1739	5	7747	1837	108	68	133	23
Скв. КЗ-1796	3	5897	1844	424	236	115	10
Скв. П-1769	2	12223	2756	111	56	27	77
Р-к Комсомольский (шахта Восток)		6910	2000	320	32	20	21,8
р-к Маяк		7240	2300	300	30	30	26,5
р-к Скалистый		4980	1680	300	30	28	18,5

(в пересчете на 100-процентный сульфид)

Примечание: таблица составлена по опубликованным материалам А.ДЖ. Налдрета, 2003

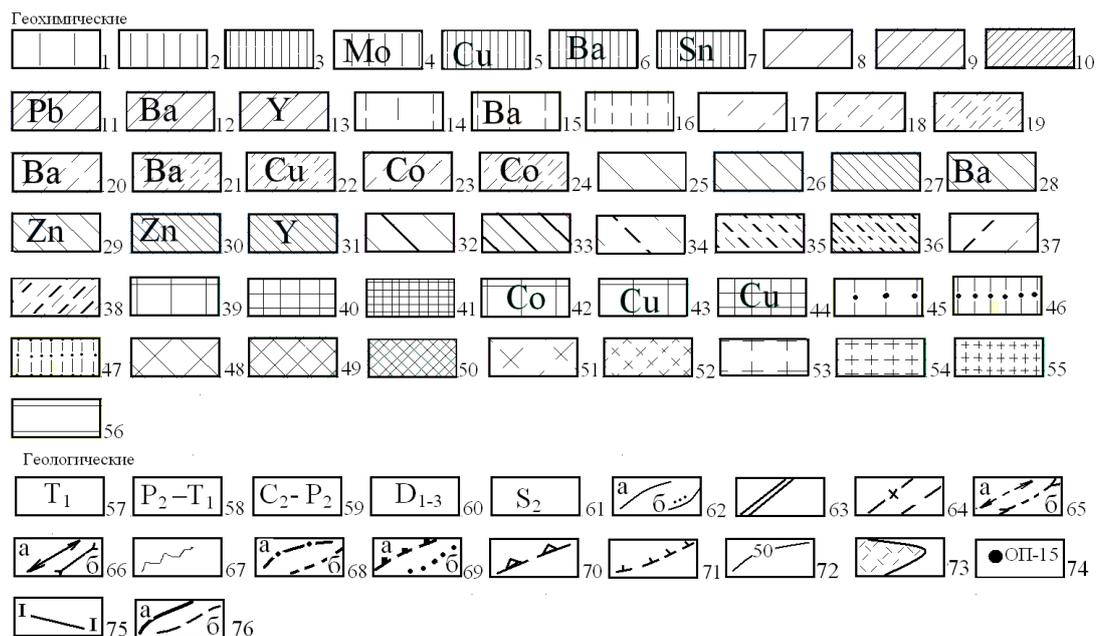


Рис.1. Условные обозначения к схемам геохимических полей и геолого-геохимическим разрезам:

1 – 56 – Геохимические:

1–7 – геохимический тип стронциевой специализации: 1 – область фона Sr (Kk = 1.1)-Mn (Kk = 0.8)-Cu (Kk = 0.8)-Mo (Kk = 0.8); 2 – зона рассеянной минерализации (ЗРМ), 3 – аномалии, 4 – ЗРМ: Sr (2.3) – Mo (Kk = 1.1) – Cu (Kk = 1.1), 5 – Sr (Kk = 18.3) – Cu (Kk = 11) – Pb (Kk = 7), 6 – Sr (Kk = 31) – Sn (Kk = 4.6), 7 – Ba (Kk = 14) – Sr (Kk = 4) – Ni (Kk = 2); 8–13 – геохимический тип циркониевой специализации: 8 – область фона: Zr (Kk = 1.1) – Ti (Kk = 0.9), 9 – ЗРМ; 10 – аномалия, 11 – ЗРМ: Zr (Kk = 1.9) – Pb (Kk = 1.6) – Y (Kk = 1.6) – Ni (Kk = 1.0), 12 – Zr (Kk = 4.8) – Ba (Kk = 4.1) – Ti (Kk = 3.8) – Zn (Kk = 2.7); 13 – ЗРМ: Zr (Kk = 2.7) – Y (Kk = 2.3) – Mo (Kk = 1.8); 14–16 – геохимический тип специализированный на ванадий: 14 – область фона: V (Kk = 1.3) – Ti (Kk = 1.2) – Zn (Kk = 1) – Cu (Kk = 1) – Cr (Kk = 1); 15 – область фона V (Kk = 1.3) – Ba (Kk = 1.3) – Ti (Kk = 1.2); 16 – ЗРМ: V (Kk = 2.5) – Ti (Kk = 1.6) – Zn (Kk = 1.5) – Cu (Kk = 1.3) – Cr (Kk = 1.3) – Co (Kk = 1.0) – Ni (Kk = 1.0); 17–24 – геохимический тип специализированный на титан: 17 – область фона: Ti (Kk = 1.1) – Co (Kk = 1), 18 – ЗРМ, 19 – аномалии, 20 – ГХА барий титановые: ЗРМ – Ba (Kk = 2.6) – Ti (Kk = 2.1) – Mo (Kk = 1.7); 21 – аномалия: Ba (Kk = 5.9) – Ti (Kk = 1.7); 22 – аномалия: Ti (Kk = 5.5) – Cu (Kk = 2.9) – Ni (Kk = 2.5) – Ba (Kk = 2.1); 23 – ГХА титан-кобальтовая: фон – Ti (Kk = 1.1) – Co (Kk = 1), 24 – аномалия – Ti (Kk = 3.1) – Co (Kk = 1.6); 25 – 31 геохимический тип циркониевой специализации: 25 – область фона: Zr (Kk = 1.1) – Ti (Kk = 0.9), 26 – ЗРМ: Zr (Kk = 2.5) – Mn (Kk = 1.4) – Ba (Kk = 1.4) – Mo (Kk = 1.2) – Ti (Kk = 1.2) – Zn (Kk = 1.0), 27 – аномалии; 28 – ГХА барий-циркониевые: Ba (Kk = 2.5) – Zr (Kk = 1.7) – Mo (Kk = 1.2), 29 – 30 – ГХА молибден-цинк-циркониевые: 29

– ЗРМ Zn (Kk = 2.7) – Mo (Kk = 1.6) – Zr (Kk = 1.5), 30 – аномалия Mo (Kk = 9.7) – Zn (Kk = 2.4) – Zr (Kk = 2); 31 – аномалия – Mo (Kk = 7)Y (Kk = 4.6) – Zr (Kk = 1.7); 32–33 ГХА молибден-цирконий-свинцовая: 32 – область фона: Pb (Kk = 1.2) – Mo (Kk = 1.0) – Zr (Kk = 0.8), 33 – ЗРМ: Pb (Kk = 2.8)–Mo (Kk = 2.7)–Zr (Kk = 1.8) – Zn (Kk = 1.4); 34–36 – ГХА иттрий-циркониевые: 34 – область фона Y (Kk = 1.7) – Zr (Kk = 1.2) – Ti (Kk = 0.8), 35 – ЗРМ – Y (Kk = 2) – Mo (Kk = 1.5) – Zr (Kk = 1.5), 36 – аномалия – Y (Kk = 4.6) – Mo (Kk = 2.1) – Zr (Kk = 1.7); 37–38 – ГХА бериллий-молибден-циркониевые: 37 – область фона Be (Kk = 1.2)–Mo (Kk = 1) – Zr (Kk = 0.8), 38 – аномалия: Be (Kk = 7) – Mn (Kk = 1.6) – Mo (Kk = 1.4) – Zr(1.4); 39–44 – геохимический тип специализированный на цинк: 39 – область фона: Zn (Kk = 1.3) – Co (Kk = 1.2) – Mo (Kk = 1.1) – Ti (Kk = 1.1), 40 – ЗРМ: Zn (Kk = 2.7) – Mo (Kk = 1.6) – Zr (Kk = 1.5), 41 – аномалии Zn (Kk = 8.6)–Mo (Kk = 2.9) – Co (Kk = 2.4), 42 – аномалия Zn (Kk = 2.95) – Co (Kk = 2.2); 43 – ЗРМ: Zn (Kk = 2.4) – Cu (Kk = 1.8) – Ni (Kk = 1.6), 44 – аномалия Cu (Kk = 5.4) – Ni (Kk = 4.8) – Zn (Kk = 2.6) – Co (Kk = 1.2) или Ni (Kk = 46) – Zn (Kk = 19) – Cu (Kk = 13) – Cr (Kk = 5.9); 45–47 – геохимический тип хромовый (хром-кобальтовый): 45 – область фона Cr (Kk = 1.1) – V (Kk = 1) – Co (Kk = 0.9) – Ti (Kk = 0.9) и Co (Kk = 1) – Ni (Kk = 0.93) – Ba (Kk = 0.93), 46 – ЗРМ: Cr (Kk = 2.5) – Ni (Kk = 2.3) – Co (Kk = 2) – V (Kk = 1.3) – Cu (Kk = 1.2); 47 – аномалия Cr (Kk = 6.9) – Co (Kk = 2.4) – Ti (Kk = 2.2) – Zr (Kk = 1.6) – Cu (Kk = 1.6); 48–50 – геохимический тип медно-никелевой специализации: ГХА никель-медистые: 48 – фоновая область: Cu (Kk = 1.5) – Co (Kk = 1.4) – Ni (Kk = 1.3); 49 – ЗРМ: Cu (Kk = 3.5) – Ni (Kk = 3.8) – Co (Kk = 1.7), 50 – аномалия: Cu (Kk = от 11 до 373) – Ni (Kk = от 6,9 до 192) – Co (Kk = 12); 51–52 – геохимический тип специализированный на кобальт: 51 – область фона – Co (Kk = 1) – Ni (Kk = 0.93) – Ba (Kk = 0.93), 52 – ЗРМ: Co (Kk = 2.5) – Ni (Kk = 2.0) – Cu (Kk = 1.9); 53–55 – геохимический тип медно-никелевый: ГХА медно-никелевые: 53 – фоновая область Ni (Kk = 1.2) – Cu (Kk = 1.2) – Co (Kk = 1.1), 54 – ЗРМ: Ni (Kk = 2.8) – Cu (Kk = 2.4) – Cr (Kk = 2) – Co (Kk = 1.7); 55 – аномалии: Ni (Kk = 22) – Cr (Kk = 19) – Cu (Kk = 4.8) – Co (Kk = 3.7); 56 – геохимический тип специализированный на марганец: область фона Mn (Kk = 1.2), Mn (Kk = 0.8);

57–76 - Геологические:

57– эффузивные отложения нижнего триаса (мокулаевская T_1mk , моронговская T_1mr , надеждинская T_1nd , сыверминская T_1sv , гудчихинская T_1gd свиты); 58 – эффузивы ивакинской свиты P_2iv ; 59 – терригенные отложения тунгусской серии; 60 – осадочные отложения нижнего-верхнего девона (нижний девон: ямпахтинская D_1jm , хребтовская D_1hr , зубовская D_1zb , курейская D_1kr , разведочнинская D_1rz ; средний девон: мантуровская D_2mt ; верхний девон: юктинская D_3jk , накахозская D_3nk , каларгонская D_3kl свиты); 61 – отложения верхнего силура лудловская свита S_2ld ; 62 – геологические границы: а) – согласные, б) – несогласные; 63 – главные швы зон магмо-рудоконтролирующих разломов Норильско-Хараелахского, Тангаралахского; 64- разрывные нарушения (преимущественно сбросы); 65 – оси палеоструктур а) – антиклиналей, б) – синклиналей по почве тунгусской серии; 66 – оси палеоструктур по кровле разведочнинской свиты: а) – антиклиналей, б) – синклиналей; 67 – границы фаціаль-

ной смены пород; 68 – установленные контуры ветвей Хараелахского рудоносного интрузива: а) – в девонских отложениях, б) – в отложениях тунгусской серии; 69 – контуры ветвей Хараелахского рудоносного интрузива: а) – северо-восточной ветви, б) – северо-западной ветви; 70 – предполагаемые контуры распространения рудоносных интрузивов Верхне-Хараелахского интрузива; 71 – границы зон высокотемпературных метасоматических и метаморфических образований; 72 – изомощности интрузивов; 73 – зоны высокотемпературных метасоматических и метаморфических образований; 74 – скважины; 75 – линии разрезов; 76 – границ геохимические: а) – геохимических типов, б) – внутри геохимических типов

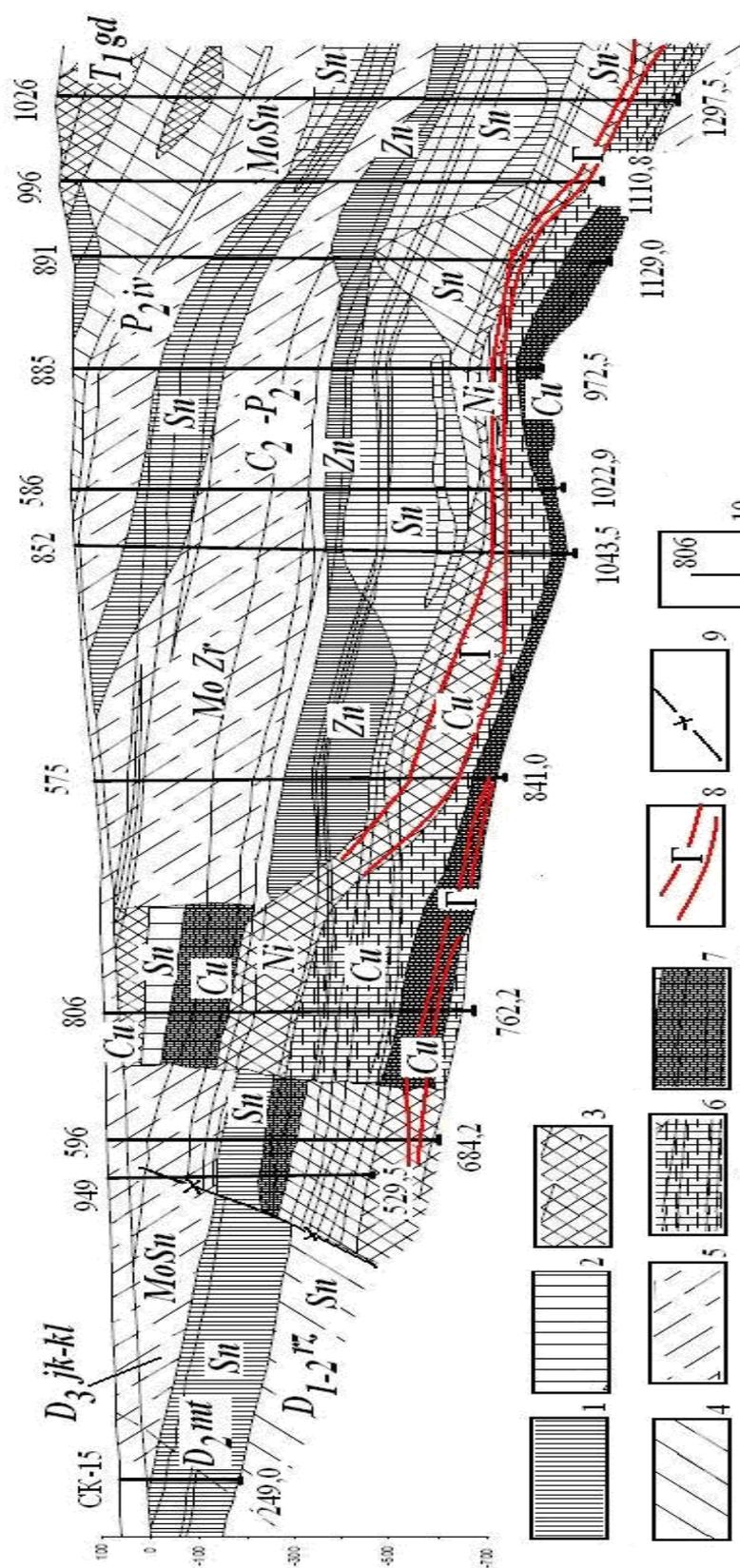
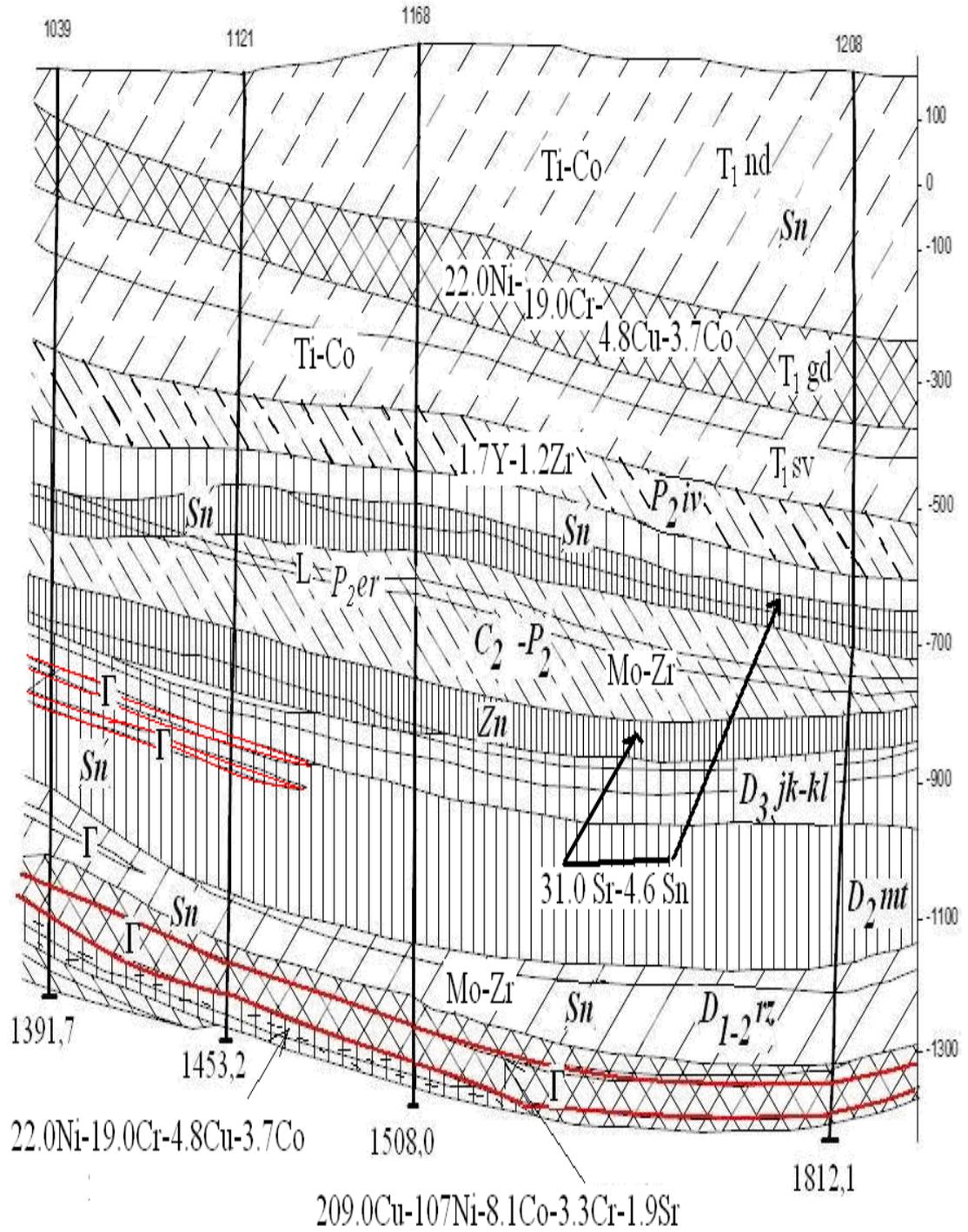


Рис. 3. Схематический геолого-геохимический разрез
Октябрьского месторождения:

1–2 геохимический тип специализированный на стронций; 1 – зона рассеянной минерализации, 2 – аномалии; 3 – геохимический тип специализированный на НИКЕЛЬ-МЕДЬ; 4 – геохимический тип специализированный на цинк; 5 – геохимический тип специализированный на медь-никель; 6–7 – аномалии геохимического типа специализированного на медь-никель; 8 – рудоносный интрузив; 9 – разломы; 10 – скважина, ее номер и глубина

Приложение 13, рис. 4



Продолжение разреза рис. 3

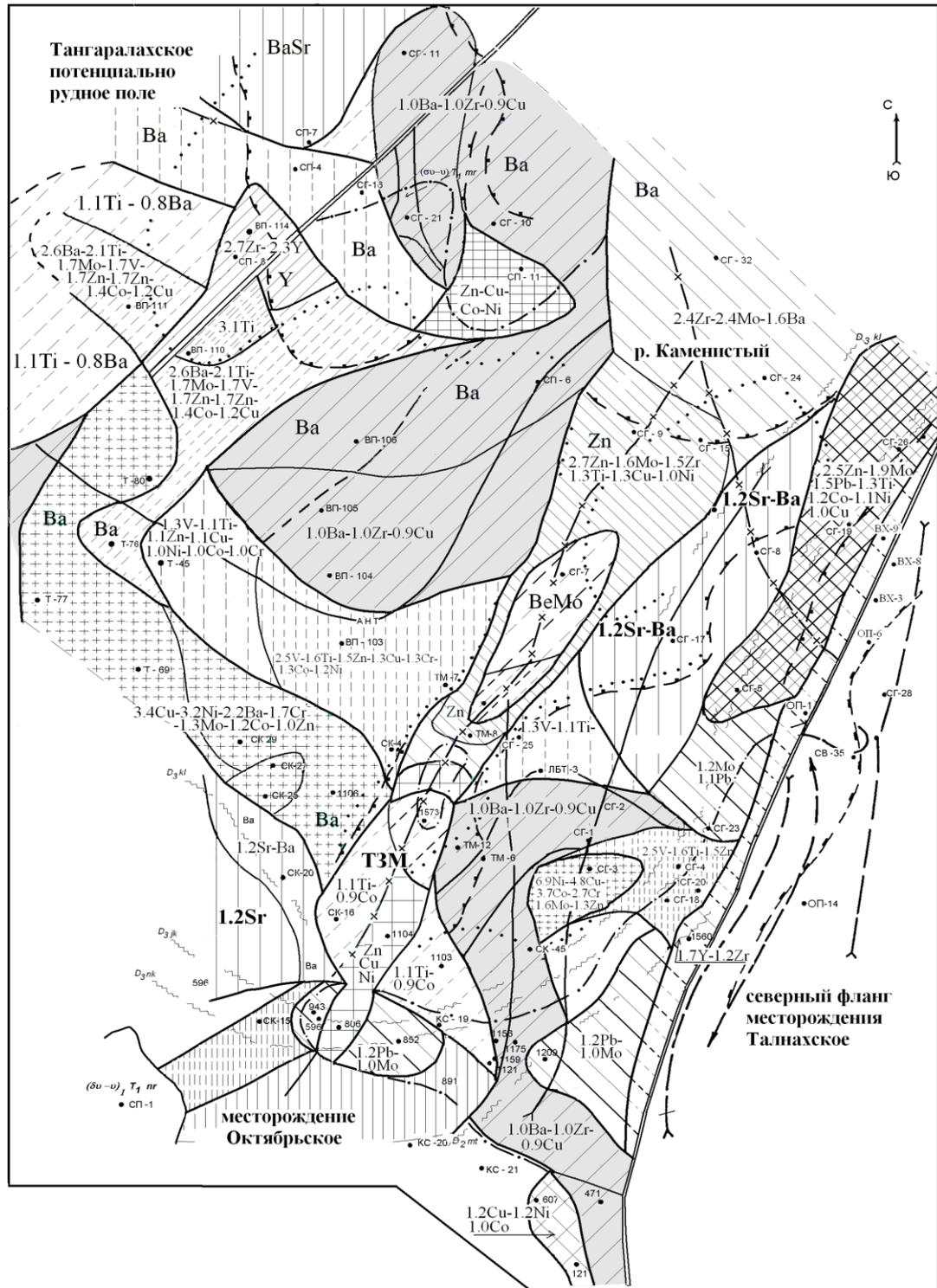


Рис. 7. Схематическое строение геохимического поля отложений тунгусской серии (условные обозначения на рис. 1)

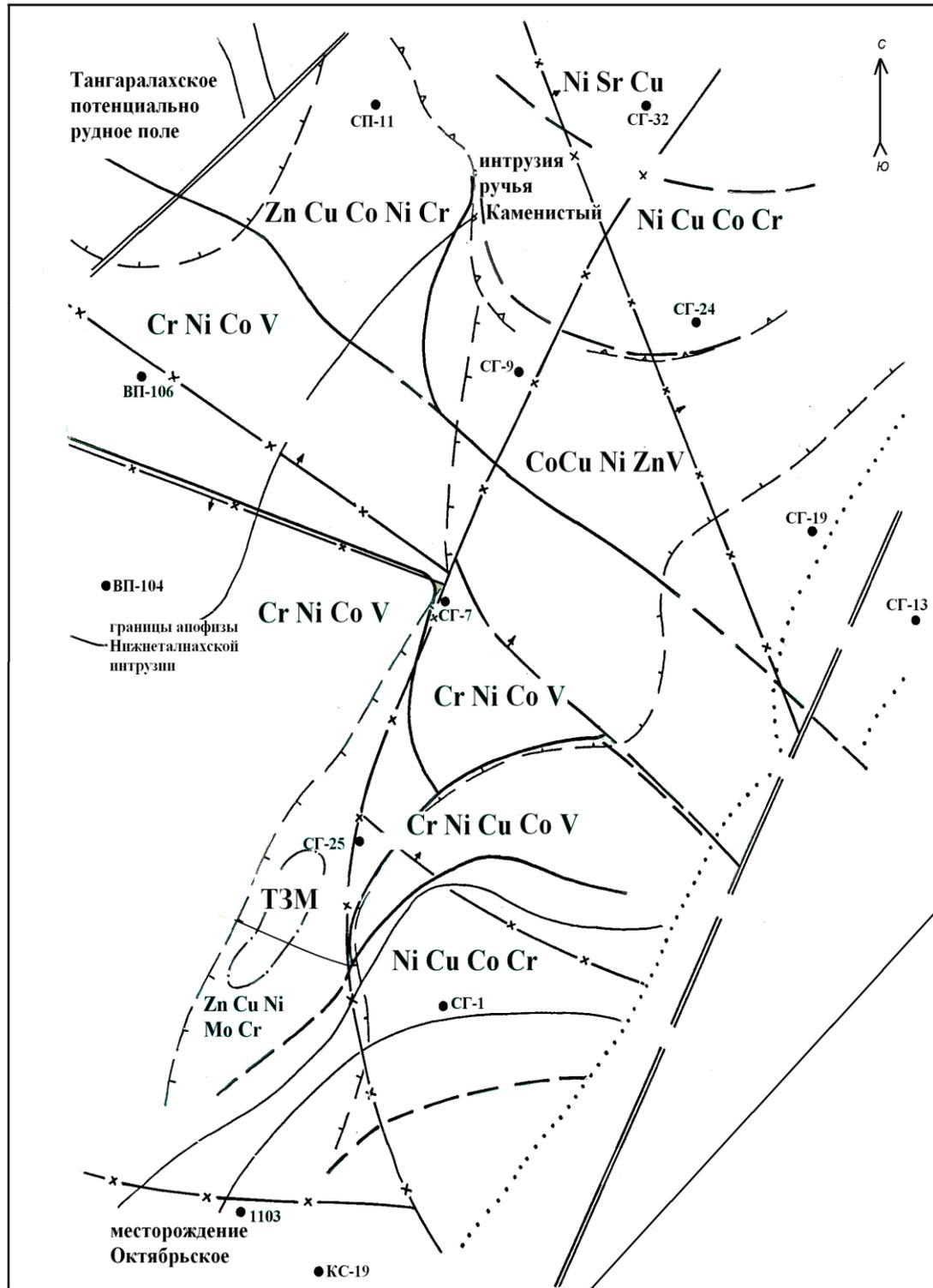


Рис. 10. Структура геохимического поля базальтов верхненадеждинской - верхнеморонговской подсвит

Приложение 20, таблица 10

Корреляционная матрица оливиновых габбро-долеритов
интрузивов Норильского комплекса

λ	σ	Эл.	Факторные нагрузки																
			ГК I	ГК - II	ГК - III														
SiO ₂	1,00	SiO ₂	1,00	0,30	0,14	-0,34	0,08	0,08	-0,37	-0,19	0,34	0,14	0,09	-0,33	-0,20	0,51	0,53	-0,41	
TiO ₂		TiO ₂		1,00	0,12	0,03	0,43	0,15	-0,49	-0,07	0,23	-0,02	0,03	0,31	0,04	0,34	0,70	0,38	
Al ₂ O ₃		Al ₂ O ₃			1,00	-0,11	-0,47	0,04	-0,74	0,12	0,14	0,34	0,03	0,04	0,18	0,80	-0,23	0,24	
Fe ₂ O ₃		Fe ₂ O ₃				1,00	-0,004	0,006	0,10	0,02	-0,04	-0,12	-0,06	0,47	-0,36	-0,32	-0,06	0,64	
FeO		FeO					1,00	0,17	0,26	-0,32	-0,08	-0,09	-0,01	0,13	-0,36	-0,41	0,79	0,004	
MnO		MnO						1,00	-0,005	0,001	-0,05	-0,12	0,02	0,10	-0,07	-0,035	0,32	0,17	
MgO		MgO							1,0	-0,22	-0,27	-0,31	-0,07	-0,1	-0,2	-0,89	-0,81	-0,31	
CaO		CaO								1,0	-0,03	-0,06	0,08	0,16	-0,11	0,14	-0,37	0,37	
Na ₂ O		Na ₂ O									1,00	0,05	-0,06	-0,15	0,04	0,44	0,24	-0,14	
K ₂ O		K ₂ O										1,00	0,02	-0,07	0,44	0,25	-0,14	-0,14	
P ₂ O ₅		P ₂ O ₅											1,00	-0,06	-0,02	0,12	-0,04	-0,017	
Cr ₂ O ₃		Cr ₂ O ₃												1,00	-0,16	-0,15	0,03	-0,06	
CO ₂		CO ₂													1,00	-0,4	-0,08	-0,08	
																λ %	20	14	13

Приложение 21, таблица 11
Корреляционная матрица оливиновых габбродолеритов интрузивов норильского типа

χ	σ	Эл.	Факторные нагрузки															
			ГК-I	ГК-II	ГК-III													
SiO ₂	1,00	SiO ₂	1,00	0,39	0,23	-0,25	0,41	0,54	-0,17	-0,65	0,56	0,023	0,14	-0,25	-0,04	0,74	0,19	0,05
TiO ₂		TiO ₂		1,00	-0,48	0,09	0,54	0,40	-0,02	-0,35	0,58	-0,25	0,59	0,15	0,09	0,67	-0,47	0,24
Al ₂ O ₃		Al ₂ O ₃			1,00	-0,4	-0,54	0,11	-0,50	-0,06	0,08	0,65	-0,28	-0,28	-0,05	-0,62	0,93	0,14
Fe ₂ O ₃		Fe ₂ O ₃				1,00	0,06	-0,23	0,11	0,12	-0,24	-0,22	0,02	0,55	-0,21	-0,27	-0,58	0,36
FeO		FeO					1,00	0,51	0,31	-0,54	0,30	-0,18	0,32	0,07	-0,09	0,64	-0,53	0,05
MnO		MnO						1,00	-0,13	-0,64	0,54	0,13	0,11	-0,32	0,2	0,77	0,16	-0,04
MgO		MgO							1,00	-0,1	-0,15	-0,52	-0,24	0,09	-0,23	-0,1	-0,60	-0,44
CaO		CaO								1,00	-0,74	-0,01	-0,26	0,3	-0,2	-0,85	-0,03	0,09
Na ₂ O		Na ₂ O									1,00	0,16	0,43	-0,33	0,09	0,83	0,14	0,14
K ₂ O		K ₂ O										1,00	0,10	0,06	-0,28	0,004	0,65	0,62
P ₂ O ₅		P ₂ O ₅											1,00	0,07	0,26	0,49	-0,21	0,37
Cr ₂ O ₃		Cr ₂ O ₃												1,00	-0,44	-0,35	-0,49	0,66
CO ₂		CO ₂													1,00	0,25	0,13	-0,52
		λ %														30	22	13

Корреляционная матрица оливиновых габбродолеритов интрузивов круглогорского типа

	Элементы													Факторные нагрузки			
	SiO ₂	TiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	FeO	MnO	MgO	CaO	Na ₂ O	K ₂ O	P ₂ O ₅	Cr ₂ O ₃	CO ₂		ГК I	ГК -II	ГК -III
SiO ₂	1,0																
TiO ₂	0,32	1,0															
Al ₂ O ₃	-0,60	-0,17	1,00														
Fe ₂ O ₃	-0,71	-0,23	0,30	1,00													
FeO	0,50	0,19	-0,93	-0,34	1,00												
MnO	0,27	-0,08	0,03	-0,12	0,07	1,00											
MgO	-0,35	-0,14	-0,21	0,5	0,15	0,01	1,00										
CaO	0,51	0,22	-0,05	-0,65	0,1	0,19	-0,44	1,00									
Na ₂ O	0,25	-0,09	-0,3	-0,34	0,23	-0,21	-0,46	-0,14	1,00								
K ₂ O	-0,51	-0,65	0,46	0,51	-0,58	-0,17	0,17	-0,66	0,15	1,00							
P ₂ O ₅	0,10	-0,84	-0,31	-0,05	0,29	0,23	0,18	-0,05	0,19	0,30	1,00						
Cr ₂ O ₃	0,37	0,52	-0,26	-0,28	0,30	0,38	-0,17	0,23	0,25	-0,54	-0,28	1,00					
CO ₂	-0,38	-0,18	-0,60	0,54	-0,78	0,01	0,14	-0,45	-0,11	0,74	-0,19	-0,23	1,00				
λ %	0,80	0,50	-0,67	-0,76	0,73	0,18	-0,33	0,62	0,24	-0,87	-0,05	0,58	-0,77	36			
	-0,07	0,68	0,57	-0,04	-0,52	-0,02	-0,35	0,29	-0,28	-0,26	-0,9	0,29	0,27	18			
	-0,22	0,40	-0,33	0,47	0,36	-0,06	0,76	-0,32	-0,50	-0,29	-0,28	0,12	-0,12	13			

Корреляционная матрица оливиновых габбродолеритов интрузивов нижнеталнахского типа

λ	σ	Элементы	Факторные нагрузки															
			SiO ₂	TiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	FeO	MnO	MgO	CaO	Na ₂ O	K ₂ O	P ₂ O ₅	Cr ₂ O ₃	CO ₂	ГК-I	ГК-II	ГК-III
48,6	1,83	SiO ₂	1,00	0,73	0,73	-0,10	-0,35	-0,24	-0,59	0,31	0,36	0,27	0,04	0,08	-0,22	0,78	0,42	0,16
0,97	0,17	TiO ₂		1,00	0,77	-0,29	-0,31	-0,28	-0,72	-0,04	0,47	0,33	-0,03	-0,25	0,30	0,88	-0,07	0,01
14,8	1,8	Al ₂ O ₃			1,00	-0,30	-0,60	-0,39	-0,74	0,26	0,31	0,27	0,2	0,04	0,28	0,92	0,2	-0,05
2,6	0,96	Fe ₂ O ₃				1,00	-0,14	0,27	0,18	-0,03	0,17	-0,23	-0,03	0,11	-0,16	-0,3	0,38	-0,51
7,47	1,1	FeO					1,00	0,13	0,32	-0,25	-0,12	0,07	-0,12	0,06	-0,40	-0,52	-0,17	0,63
0,17	0,03	MnO						1,00	0,44	-0,17	-0,14	-0,28	0,02	0,03	-0,45	-0,54	0,31	-0,10
6,22	5,5	MgO							1,00	0,18	-0,14	-0,36	-0,02	0,13	-0,3	-0,82	0,24	-0,03
8,7	2,67	CaO								1,00	0,26	0,1	0,16	0,04	-0,25	0,19	0,68	0,1
3,22	2,79	Na ₂ O									1,00	0,03	-0,04	-0,06	0,02	0,41	0,41	-0,18
1,16	0,60	K ₂ O										1,00	0,03	0,06	0,03	0,41	-0,1	0,61
0,14	0,16	P ₂ O ₅											1,00	-0,03	-0,06	0,09	0,24	0,007
0,01	0,02	Cr ₂ O ₃												1,00	-0,14	-0,15	0,20	0,19
0,58	0,97	CO ₂													1,00	0,35	-0,68	-0,46
			λ %													31	13	11

Приложение 24 Таблица 14
Корреляционная матрица оливиновых габбродолеритов интрузивов норильского типа (по
результатам обработки
данных эмиссионного спектрального анализа)

χ	σ															Факторные нагрузки			
	МЭ	Ba	Cu	Ni	Co	Cr	Ti	V	Zr	Mo	Pb	Zn	Ag	Ga	Mn	Sr	ГК-I	ГК-II	ГК-III
10.	Ba	1.0	-0.14	-0.11	0.05	-0.01	-0.2	0.1	-0.26	-0.17	0.14	-0.02	-0.14	0.1	-0.18	0.47	-0.50	0.4	-0.11
23.8	Cu		1.00	0.86	0.31	0.17	0.07	0.14	0.03	-0.08	-0.008	0.03	0.68	-0.12	0.06	-0.09	0.8	0.53	-0.02
9.66	Ni			1.00	0.2	0.15	0.08	0.19	0.01	-0.03	0.01	0.07	0.25	-0.09	0.15	-0.11	0.69	0.43	0.15
4.16	Co				1.00	0.19	-0.16	0.03	-0.07	-0.01	-0.02	0.12	0.3	0.15	-0.13	0.19	0.23	0.52	-0.15
10.3	Cr					1.00	0.23	0.8	0.19	0.4	-0.18	-0.2	0.12	-0.0	0.02	-0.06	0.39	0.005	-0.2
357	Ti						1.00	-0.14	0.56	0.29	-0.12	-0.11	0.04	-0.15	0.24	-0.26	0.48	-0.59	-0.11
19.95	V							1.00	-0.41	0.07	0.19	0.12	-0.3	0.8	0.14	0.9	-0.27	0.41	0.53
5.93	Zr								1.00	0.9	-0.6	-0.12	0.6	0.7	0.14	-0.12	0.38	-0.56	-0.29
0.103	Mo									1.00	0.5	0.4	-0.2	0.22	-0.4	-0.13	0.085	-0.27	0.22
0.64	Pb										1.00	-0.2	-0.3	0.2	0.14	0.0	-0.14	0.14	0.45
7.87	Zn											1.00	-0.1	0.26	0.18	-0.8	0.03	0.15	0.48
0.009	Ag												1.00	-0.7	-0.12	-0.5	0.58	0.39	-0.24
1.12	Ga													1.00	-0.4	0.6	-0.18	0.09	0.32
71.0	Mn														1.00	-0.47	0.31	-0.32	0.61
22.5	Sr															1.00	-0.44	0.46	-0.42
	λ %																18	15	11

Корреляционная матрица оливиновых габбродолеритов интрузий нижнеталнахского типа
(по результатам обработки данных эмиссионного спектрального анализа)

λ	Корреляционная матрица																Факторные нагрузки		
	Ba	Cu	Ni	Co	Cr	Ti	V	Zr	Mo	Pb	Zn	Ag	Ga	Mn	Sr	ГК-I	ГК-II	ГК-III	
14.69	1.00																		
11.6	-0.15	1.00																	
6.7	-0.27	0.38	1.00																
3.9	-0.38	0.61	0.43	1.00															
6.6	0.08	0.15	0.13	0.17	1.00														
339	-0.15	0.17	0.04	0.18	0.54	1.00													
20.4	0.1	0.01	0.15	0.17	0.19	-0.14	1.00												
5.6	-0.26	0.17	0.12	0.09	0.23	0.64	-0.42	1.00											
0.11	-0.25	-0.19	0.04	0.06	0.36	0.49	-0.11	0.28	1.00										
0.9	-0.01	-0.07	-0.02	0.05	0.05	-0.11	0.30	-0.05	-0.07	1.00									
8.47	-0.12	0.01	0.13	0.11	0.09	-0.03	0.14	-0.10	-0.01	-0.06	1.00								
0.005	-0.15	0.1	-0.08	0.09	-0.13	-0.02	-0.03	-0.10	-0.18	-0.13	0.01	1.00							
1.24	-0.18	0.26	0.20	0.21	0.33	0.27	0.21	0.32	0.20	0.19	0.31	-0.07	1.00						
69.7	-0.1	0.08	0.25	0.03	0.22	0.35	0.15	0.28	-0.18	0.25	0.23	-0.07	-0.07	1.00					
23.9	0.45	-0.21	-0.49	-0.35	-0.18	-0.14	0.04	-0.16	-0.18	-0.07	-0.23	0.08	-0.31	-0.34	1.00				
Факторные нагрузки	0.50	-0.50	-0.57	-0.59	-0.54	-0.63	-0.06	-0.56	-0.38	-0.07	-0.26	0.08	-0.60	-0.45	0.65	ГК-I	ГК-II	ГК-III	
	0.07	-0.35	-0.4	-0.40	0.23	0.58	-0.58	0.58	0.57	-0.28	-0.30	-0.16	-0.07	0.23					
	0.45	-0.33	-0.17	-0.32	0.45	0.09	0.54	-0.13	0.07	0.53	0.17	-0.42	0.29	0.12					
λ %															23	13	11		