

Комплексные методы поисков
медно-никелевых месторождений
в зонах развития криогенеза

Ленинград
1981

НАУЧНО-ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ ИНСТИТУТ ГЕОЛОГИИ АРКТИКИ
МИНИСТЕРСТВА ГЕОЛОГИИ СССР

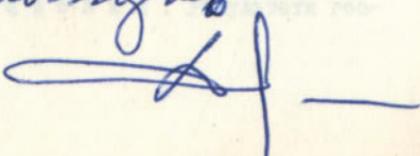
КОМПЛЕКСНЫЕ МЕТОДЫ ПОИСКОВ

МЕДНО-НИКЕЛЕВЫХ МЕСТОРОЖДЕНИЙ В ЗОНАХ

РАЗВИТИЯ КРИОГЕНЕЗА

Сборник научных трудов

Түбекеувахасиеву Жексаңгу
Перевичу Соловьеву с исключительной
надеждой на паччюб в только
вашим ажылым погажов
Ленинград
1981
разделы в Норильско-Хар
ыахисей зоне разломов

10.XII.82г по поручению
г. Москва! авторов


УДК 550.8:553.48I'43.04I (57I.5II-I5)

АННОТАЦИЯ

В сборнике приводятся новые геолого-геохимические и геофизические данные по никеленосным интрузиям северо-запада Сибирской платформы и Таймырской складчатой области, детализированы известные и предлагаются новые критерии прогноза сульфидных медно-никелевых месторождений, включая залежи богатых руд. Наибольшее внимание уделяется геохимическим поискам рудоносных объектов в зонах криогенеза, базирующимся на анализе разномасштабных научно-производственных работ последних лет в пределах перспективных площадей. Даётся общее металлогеническое районирование региона и оценка перспектив его промышленной никеленосности, ставятся актуальные задачи дальнейших исследований.

Научный редактор А.Н.Вишневский



Научно-исследовательский институт геологии Арктики
(СИИГА), 1981.

СОДЕРЖАНИЕ

	Стр.
А. Н. Вишневский, В. С. Голубков, Д. А. Додин, М. К. Иванов, Г. И. Кавардин, А. В. Тарасов. Оценка перспектив никеленосности севера Красноярского края	5
Г. И. Кавардин, М. К. Иванов. Металлогеническое районирование севера Сибирской платформы и прогноз медно-никелевых месторождений	14
Д. А. Додин, В. А. Шатков, М. А. Садиков, Т. С. Додина, А. Г. Самойлов. Геохимические методы поисков медно-никелевых месторождений в зонах криогенеза	25
В. А. Шатков, И. С. Рябкова. Методика поисков медных месторождений игарского типа . .	46
А. В. Тарасов, О. В. Петров. Морфоструктурные критерии прогноза и оценки глубоких горизонтов флангов промышленных медно-никелевых рудных полей	53
Т. К. Иванова. Морфогенетические особенности южных ветвей рудоносных дифференцированных интрузий Норильского узла	59
Н. Н. Нагаицева. Пикрит-габбро-долеритовый никеленосный комплекс Центрального Таймыра . .	78
И. И. Сидоров. Первичные ореолы промышленных медно-никелевых месторождений в связи с разработкой методики геохимических поисков	90
С. П. Богуславский. Результаты гео-	

химических поисков медно-никелевых месторождений в Ханарском районе	98
И. А. Наторхин, А. И. Архипова . О тенденциях распределения химических элементов в гранулометрических фракциях проб (в связи с диагностикой геохимических аномалий в криотенной зоне траппового поля)	106
В. М. Салов . Применение гравиразведки для поисков глубокозалегающих медно-никелевых месторождений в Норильском районе	116
А. Л. Пискарев . Особенности физических полей в районах локализации медно-никелевых месторождений	128

УДК 553.48.041 (571.51-17)

А.Н.ВИШНЕВСКИЙ, В.С.ГОЛУБКОВ,
Д.А.ДОДИН, М.К.ИВАНОВ,
Г.И.КАВАРДИН, А.В.ТАРАСОВ

**ОЦЕНКА ПЕРСПЕКТИВ НИКЕЛЕНОСНОСТИ СЕВЕРА
КРАСНОЯРСКОГО КРАЯ**

Территория северо-запада Сибирской платформы в геологическом и поисковом отношении изучена весьма неравномерно, что затрудняет объективную оценку перспектив никеленосности отдельных районов. На весь регион еще не существует сводных среднемасштабных геологических карт, ибо съемки лишь закончены на северо-западе Сибирской платформы. Наиболее изученным является Норильский район, для центральной части которого выполнены крупномасштабные поисково-съемочные работы с большим объемом картировочного бурения и наземных геофизических работ, составлены соответствующие сводные геологическая и металлогеническая карты, детально изучена структура ряда рудных узлов. В Курейском районе подобные работы только начинаются. Все остальные перспективные площади, включая северо-восток Тунгусской синеклизы и Таймыр, практически только планируются к изучению. Весьма отстает геофизическое изучение региона, лишь в последние годы начаты профильно-площадные работы МОВЗ-ГСЗ, показавшие свою эффективность.

Таково же положение и со специализированными тематическими работами – наибольший их объем (с участием организаций МГ СССР и АН СССР) выполнен по Норильскому и Талнахскому рудным полям, обобщающие геолого-petрологические исследования имеются только для северо-запада Сибирской платформы, а по Прианабарью и Таймыру запланировано выполнение лишь отдельных исследований в комплексе с производственными ревизионно-оценочными работами на выявляемых никеленосных объектах.

По результатам выполненных в НПО "Севморгео" тематических разработок последних лет, с учетом данных геофизических и поисково-разведочных работ, металлогеническое районирование региона представляется в следующем виде. Вся территория развития трап-

лов на севере Красноярского края может считаться крупной никеленосной металлогенической провинцией, ранее названной Н.Н.Урванцевым Северо-Сибирской (по терминологии геологов ВСЕГЕИ – Восточно-Сибирской). Исходя из особенностей геолого-тектонического строения, формационной принадлежности и металлогенической специализации, масштабов проявления и пространственного распределения магматических комплексов, в ее пределах различаются субширотные металлогенические пояса (зоны) – Южно-Таймырский (в пределах складчатой области) и Норильско-Котуйский (в пределах краевого вулканогенного прогиба Сибирской платформы), а также Тунгусская металлогеническая область (в пределах одноименной синеклизы).

Наиболее важный в промышленном отношении Норильско-Котуйский пояс (с медно-никелевыми, апатит-железорудными редкometальными и другими месторождениями) обладает поперечной зональностью – в нем с запада на восток выделяются почти изометричные трапповые мульды (очаговые области?): Норильская, Вологочанская, Хара-елахская, Иконская, Боярская, Дельканская, Фомич-Попигайская, Анабаро-Оленекская. Три первые из них отвечают площади Норильского рудного района, обладающего симметричной зональностью – вдоль его осевой части проходит глубинный разлом ССВ' простирания (по ГСЗ прослеживающийся до глубин в 50 км), вдоль которого локализуются все промышленные медно-никелевые месторождения с тенденцией смены их к западу и востоку слабоникеленосными интрузиями, вплоть до наличия вулкано-тектонических структур и аппаратов с железорудными месторождениями (реки Ветка и Иакус). Кроме известных Норильского, Талнахского, Имангдинского и Моронговского рудных узлов, по комплексу благоприятных геологического-петрологических предпосылок и поисковых данных здесь намечаются еще предполагаемые никеленосные узлы (или поля) – Микчандский, Восточно-Норильский, Тулак-Тасский, Северо-Вологочанский, Аяклинский, Хенколихский и др. Глубинная структура района по характеру сейсмической расслоенности отвечает положению транскорового блока мощностью 43-44 км, ограниченного с запада Малохетским, а с востока Кета-Ирбисским разломами мантейного заложения. Мощность "базальтового" слоя составляет 13-14 км, а трехслойное строение вышележащей гранито-гнейсовой оболочки явилось следствием жизнедеятельности Таймыро-Тунгусского трога, наложенного в раннем протерозое на первичную сиалическую кору Северо-Азиатского края.

В восточной части пояса по южной периферии Боярской мульды намечается Ханарский рудный район с его относительно слабо диф-

ференцированными и недостаточно изученными никеленосными интрузиями. Вдоль северной границы пояса, на стыке с Енисей-Хатангским прогибом, к зоне субширотного глубинного разлома тяготеет территория предполагаемого Северо-Хараэлахского района с перспективными Арылахским, Тальми-Иконским и Усть-Таловским рудно-магматическими узлами.

Значительная территория Тунгусской металлогенической области покрыта сплошным чехлом туфо-лавовой толщи, затрудняющей выделение никеленосных площадей. Кроме Курейского рудноносного района (в междуречье рек Курейки и Н.Тунгуски), где давно намечены перспективные рудно-магматические узлы – собственно Курейский, Авамский, Ходжиканский, Неконгдаконский и др., в качестве перспективных зон для локализации никеленосных интрузий выделяются участки, тяготеющие к субмеридиональным глубинным разломам, протягивающимся на сотни километров вдоль бортов Тунгусской синеклизы – Имангдино-Летвинскому и Вилуйско-Котуйскому. Не исключена возможность обнаружения перспективных никеленосных интрузий, например в бассейне р.Чангоды и по западным берегам оз.Хантайского, практически не описанных.

В пределах Южно-Таймырского никеленосного пояса по последним результатам палеотектонических реконструкций и данным формационного анализа наибольший интерес представляют три рудноносные узла – Надудо-Туркинский, Буотанкагско-Фадьюкудинский и Ботангский. Первый из них имеет наибольшее сходство с Норильским районом и может представлять собой северный фрагмент крупной вулкано-тектонической структуры, в перво-триасовое время объединявшей север Хараэлахского плато и юго-запад п-ова Таймыр. Оконтуренный здесь по геофизическим данным крупный гипербазитовый массив является олепым, но в перекрывающих породах широко развиты сульфидная минерализация, установлены "сигнальные" дайки ультраосновных пород и зоны метасоматитов. В пределах Ботанкагского узла описана расслоенная интрузия с пикритами, вкрапленным и жильным медно-никелевым оруденением, требующая постановки первоочередных буровых работ. Кроме того, тут встречены мощные дайки субшелочных ультраосновных пород с вкрапленным оруденением, сопоставляемые с печенгским типом никеленосных интрузий. На прилегающей территории Буотанкагско-Фадьюкудинского узла установлены жильные поля сплошных халькопиритовых руд.

Все отмеченное свидетельствует о необходимости более широкого разворота поисковых работ с целью оценки перспектив промышленной никеленосности всех этих участков, а также флангов еще

полноты не разведанных полей промышленных медно-никелевых месторождений.

Надежный научный прогноз возможен лишь при наличии четких представлений о промышленных типах месторождений, выявлении особенностей региональной металлогенической зональности, установлении геологических признаков, контролирующих локализацию месторождений и отдельных типов руд в их пределах (поисковые критерии), систематизации форм проявления месторождений (поисковые признаки) и разработки районирования по условиям проведения и методам поисковых работ.

Все известные в мире промышленные медно-никелевые месторождения с богатыми рудами объединяются в 4 морфогенетических типа, аналоги которых развиты или могут быть обнаружены в пределах региона: норильский (с пологими линзовидными и пластообразными залежами вкрапленных и сплошных руд в хонолитообразных пикрит-габбро-долеритовых массивах), печенгский (с крутонаклонными жилообразными телами брекчевидных руд в пластообразных габбро-перидотитовых массивах), седберийский (с субвертикальными линзовидными и столбообразными телами сплошных и прожилкововкрапленных руд в лополитообразных или штокообразных диорит-норитовых массивах) и мончегорский (с вертикальными жилами сплошных руд в лакколитообразных пироксенит-перидотитовых массивах). Общими чертами для всех месторождений сульфидной медно-никелевой формации являются трехминеральный состав руд (пентландит, халькопирит, пирротин), сочетание сингенетического вкрапленного и эпигенетического сплошного оруденения, наличие тесной пространственной связи с расслоенными мафит-ультрамафитовыми интрузивами.

Характер глубинной структуры региона вытекает из принадлежности к Таймыро-Тунгусскому трогу карелид и непосредственной близости к зонам мезозойской (триасовой) базификации коры и чехла линейного типа (Малохетско-Рассохинская аномальная зона). Наиболее близким аналогом Норильского района является Центральный Таймыр. В меньшей мере отмечается сходство глубинной структуры Котуй-Маймечинского и Курейского районов. Это находит четкое отражение в региональной металлогенической зональности – падении от Норильска к югу, востоку и северу содержаний в рудах цветных металлов, вплоть до возникновения стерильных пирит-пирротиновых руд и железорудных месторождений.

Сходство глубинной структуры Норильского района и Центрального Таймыра позволяет предположить присутствие и в пределах последнего близкого спектра магматических и рудных формаций в свя-

зи с мантийными и базальтоидными магмами, а соответственно возможность обнаружения богатых медно-никелевых руд.

Региональная горизонтальная зональность усложняется проявлением в пределах отдельных рудных узлов, месторождений и залежей концентрической зональности. Для Талнахского узла характерна смена от центра к периферии никель-медного оруденения с очень высокими содержаниями цветных металлов медно-никелевым со средними количествами этих компонентов. Зональность рудных узлов обусловлена различными факторами и в первую очередь структурными, физико-химическим и температурным.

К критериям прогноза – региональным металлогеническим предпосылкам относятся магматический, структурный и литолого-стратиграфический контроль оруденения. Наиболее важен магматический контроль: на основании связи руд с определенными типами (Норильско-Талнахским, Курейским и Моронговским) интрузивов и парагенетической взаимосвязи с фациями излившихся пород (пикритовых базальтов в первую очередь) локализуются перспективные рудоносные районы. Все типы никеленосных массивов относятся к трапповой и оливин-базальтовой формациям, являются дериватами трех разновозрастных никеленосных магматических комплексов – сыверминского, надеждинского и моронговско-мокулаевского и характеризуются близкой положительной геохимической специализацией на никель,cobальт и отрицательной на титан. В целом Норильско-Талнахскому типу присуща глубокая (от плагиоклазовых оливинитов до габбро-диоритов) дифференциация, наличие такситового горизонта в нижней, а иногда и в верхней части массива, мощный, сложный по составу ореол метасоматитов, в составе руд медь превалирует над никелем. Интрузии моронговского типа неотчетливо дифференциованы (разрез на 70–80% сложен троктолитами и троктолитовыми долеритами при маломощных невыдержаных горизонтах пикритоподобных и такситоподобных долеритов), окружены незначительным по мощности достаточно однородным металлогеническим ореолом; никеля (главным образом силикатного) обычно больше, чем меди. Тела курейского типа являются промежуточными образованиями между рассмотренными группами: они расслоены от троктолитовых до кварцевых долеритов, ореол метасоматитов по масштабам незначителен, по строению иногда довольно сложен, отношения в породах меди к никелю близки к единице.

Для сульфидных руд промышленных месторождений, ассоциирующих с интрузивами Норильско-Талнахского типа, обычны три ведущие парагенетические ассоциации: пентландит-халькопирит-пирротиновая,

пентландит-халькопиритовая (талнахитовая, маухукитовая) и хизлевудит-халькозин-борнитовая. В проявлениях, приуроченных к массивам Курейского типа, характерными являются низкотемпературные ассоциации: пирротин-халькопирит-магнетит-кубанитовая и пирротин-пирит-магнетит-халькопиритовая с пониженным количеством пентландита.

Глобальным элементом структурного контроля являются глубинные разломы. Все перспективные площади располагаются, как правило, в узлах пересечения магмоуправляемых разломов ортогональных систем протоплатформенной среднепротерозойской стадии развития территории (ССЗ и ВСВ простирации) с разломами пермо-триасовой стадии активизации (ССВ и ЭСЗ простирации), где широко проявлены пучки сближенных пологих сбросов, называемых "структурами проседания". Использование закономерностей структурного контроля позволяет провести более детальное районирование с выделением локальных структур, возможно вмещающих новые рудные узлы (Льгийский, Бальковский и др.), и уточняющие перспективы известных (Тальминский, Микчандский и др.). Намечается связь никеленосных интрузий или месторождений с локальными вулкано-тектоническими структурами в областях центриклинального замыкания трапповых мульд, контролирующими распределение рудных узлов.

Литолого-стратиграфический контроль размещения никеленосных массивов (в том числе наличие двух рудоемещающих горизонтов в осадочных отложениях палеозоя) позволяет более обоснованно проводить глубинное прогнозирование закрытых территорий.

Критерии поисков и оценки подразделяются на геолого-петрографические (собственно геологические, структурно-тектонические, интрузивные, метасоматические), минералогические, петрохимические, геохимические и геофизические. Особое внимание в последнее время уделяется детализации структурно-тектонических, метасоматических, геохимических и минералогических признаков. Для первых большое значение имеют морфоструктурные элементы дна дифференцированных интрузий, мелкие складки, будинах-складки, флексуры - сбросы, зоны рассланцевания в породах лежачего бока и т.д.

С никеленосными интрузивами связаны определенные метаморфические и метасоматические формации (группа метасоматических признаков): а) формации окорудных полевошпатовых метасоматитов и экзоконтактовых сульфидных руд установлены только в связи с интрузивами норильско-талнахского и курейского типов, а серпентиниты, магнезиальные скарны и высокотемпературные фации известковых скарнов - только в контактах тел первого типа; б) формация

скаполититов не установлена в контактах промышленно-никеленосных массивов.

Последними исследованиями С.А.Гулина установлена парагенетическая связь метасоматитов именно с богатыми рудами, то есть объем метасоматических образований определенного состава находится в прямой зависимости от количества руд.

К геолого-петрографическим критериям оценки относятся такие признаки, которые позволяют в пределах конкретного рудного узла, месторождения, залежи выделить участки или зоны, наиболее перспективные в отношении богатых руд, или оконтурить в полях их развития определенные минеральные типы. Такие факторы выявляются наиболее четко при детальном изучении Талнахского узла и сводятся к следующему. Мощность залежей сплошных руд прямо пропорциональна мощностям горизонтов пикритовых и такситовых габбро-долеритов. Максимальная мощность рудной толщи в целом приурочена к мульдообразным прогибам и флексуруобразным перегибам днища интрузива. К последним структурным элементам тяготеют сплошные кубанитовые, к первым - халькопиритовые руды, к воздыманиям днища интрузива обычно приурочены пирротиновые руды. В контактах последних преобладают микроклиновые породы. Намечается также тенденция преимущественной локализации брусититов и серпентинитов в непосредственных контактах залежей сплошных руд, а серпентин-кальцитовых пород - на удалении от них (то есть и среди одиночных геолого-петрографических факторов выделяются структурные, интрузивные и метасоматические).

Из минералогических признаков следует отметить наличие зеленого хромсодержащего авгита в породах никеленосных интрузий, присутствие гипогенного ангидрита и высокожелезистого пумпеллита в метасоматических образованиях.

К петрохимическим критериям никеленосности относится повышенная магнезиальность интрузивных тел и их фемических минералов, дающая основание считать эти массивы дериватами магматических очагов, залегающих скорее всего в пределах верхней мантии. По разрезу таких интрузий намечается небольшое варьирование коэффициентов железистости и щелочности.

Наиболее важными геохимическими критериями поисков являются местные высокие концентрации никеля, меди, кобальта и хрома в коренных породах и рыхлых отложениях, ореолы и потоки рассеяния указанных элементов. Прямой поисковый интерес представляют и повышенные содержания никеля в метаморфических породах района.

Геохимические критерии оценки выявляются на основании различных содержаний рудных и сопутствующих элементов (а еще более четко – их отношений) в никеленосных и безрудных массивах. Установленные граничные пределы этих отношений и геохимическая специализация отдельных горизонтов дифференцированных массивов являются надежными критериями их разбраковки по степени никеленосности.

Одним из геофизических признаков оценки массивов является их различие по индуктивной намагниченности пород: для промышленно-никеленосных интрузий она значительно выше, чем для других типов.

Для комплексной оценки степени никеленосности траповых интрузивов могут быть использованы: а) метод сравнения их морфологии, внутреннего строения, минерального состава, петрогохимических особенностей, состава метасоматического ореола (всего 9 параметров) с эталонным объектом – Талнахским никеленосным массивом; б) декрепитационный анализ; в) построение компонентных диаграмм по петрогенным и малым элементам для оливиновых и троктолитовых долеритов – пород, наиболее распространенных во всех массивах, и установление степени выраженности тренда, характеризующего рудный процесс.

Исходя из того, что фонд легко открываемых месторождений практически исчерпан на севере Красноярского края, как, впрочем, и в других рудных регионах Сибири, задача обнаружения новых богатых месторождений медно-никелевых руд должна решаться путем увеличения объемов геолого-поисковых работ с применением новейших методов изучения природных объектов на базе современной техники. При этом следует не ограничиваться расширением работ в уже известных промышленно-никеленосных районах, но и повышать степень изученности потенциально-рудоносных территорий, известных к настоящему времени. Учитывая широкое разнообразие геолого-тектонических обстановок и формаций ультраосновных-основных пород в регионе, можно полагать, что Норильский тип месторождений может быть не единственным – вероятно обнаружение аналогов других известных в мире месторождений медно-никелевых руд, характеризующихся отличными рудоконтролирующими факторами и поисковыми признаками. Это диктует необходимость детального тематического изучения специфики геологии перспективных площадей и теоретических проблем медно-никелевого рудообразования, особенностей вещественного состава рудно-магматических комплексов.

Принимая во внимание результаты металлогенического райони-

рования и проведенных геолого-поисковых работ, с учетом рассмотренных выше региональных рудоконтролирующих критериев и признаков применительно к отдельным никеленосным площадям, можно рекомендовать выполнение в ближайшие годы следующего комплекса первоочередных работ:

1. Составление сводной среднемасштабной геологической карты для северо-запада Сибирской платформы и Таймыра, с последующим составлением специализированных (на медь и никель) прогнозно-металлогенических карт.

2. Продолжение крупномасштабных поисково-съемочных работ (с картировочным бурением) на территории известных и предполагаемых рудных узлов, в том числе Неконгдокаинском, Ботанкагском и др.

3. Проведение работ до высокоточной аэромагнитной съемке всех выделенных металлогенических площадей (в том числе в пределах Таймыра и в басс. р.Н.Тунгуски), сгущение профилей МОВЗ-ГСЗ вкрест простирации главнейших рудоконтролирующих структур.

4. Комплекс региональных поисковых работ следует выполнить в пределах Юго-Западного Таймыра, Западного Прианабарья и по северной кромке Норильско-Котуйского пояса.

5. Общие поиски целесообразно сосредоточить в пределах следующих рудных узлов и участков: Ботанкагском, Неконгдаконском, Кунтыкахиком, Ороктинском, Авамском.

6. Детальные поиски следует продолжить на флангах промышленных месторождений, а также в пределах Нижнекурейского, Микчандского, Восточно-Имангдинского и Вальковско-Хребтового участков.

В целях обеспечения оперативного анализа и обобщения данных геолого-поисковых работ, усовершенствования научных основ и повышения достоверности прогнозных исследований, а также корректировки текущих планов геологоразведочных работ и конкретизации их методики для отдельных объектов предлагаются следующие проблемные направления научных исследований:

а) составление крупномасштабных металлогенических и прогнозных карт типовых рудных полей и перспективных площадей с разработкой методики выявления и оценки локальных никеленосных тектоно-магматических структур;

б) изучение глубинного строения основных рудных районов с выявлением особенностей тектогенеза в эпоху медно-никелевого рудообразования путем интерпретации новейших геофизических данных и глубокого структурного бурения;

в) выяснение региональной металлогенической и геохимической зональности, а также локальной рудной зональности промышленных медноникелевых месторождений как критериев прогноза залежей богатых руд;

г) петролого-геохимическая характеристика главнейших магматических и рудных эндогенных формаций региона для выяснения физико-химических условий рудообразования;

д) разработка методов количественной оценки запасов руд в пределах перспективных площадей, определения глубин залегания и мощностей рудных тел, аналитического расчета параметров вещественного состава руд;

е) обоснование рациональных комплексов поисковых методов для типовых металлогенических площадей.

УДК 553.078(-02):058.481'43

Г.И.КАВАРДИН, М.К.ИВАНОВ

МЕТАЛЛОГЕНИЧЕСКОЕ РАЙОНИРОВАНИЕ СЕВЕРА СИБИРСКОЙ ПЛАТФОРМЫ И ПРОГНОЗ МЕДНО-НИКЕЛЕВЫХ МЕСТОРОЖДЕНИЙ

Научное прогнозирование сульфидных медно-никелевых месторождений представляет собой недостаточно разработанную проблему, о чем, в частности, свидетельствуют отрицательные результаты долголетних поисковых работ на Кольском полуострове, пока недостаточная эффективность их в Норильском районе. В качестве объекта прогнозирования выступает рудно-магматический комплекс плутонических ультраосновных и основных пород, состоящий из рядов генетически связанных интрузивных (габбро-перидотитовая, перидотит-пироксенит-норитовая, горнбледитовая, пикрит-долеритовая, габбро-диабазовая) и рудных (медно-никелевая, платино-хромитовая, титаномагнетитовая, свинцово-цинково-медная) формаций.

Как известно, главные никеленосные провинции расположены в Канаде и Австралии, крупные месторождения известны в Африке (Бушвельд, Инсизва), Китае, Скандинавии, Корее, Антарктиде и других местах. В СССР к промышленно-важным провинциям относятся Кольский п-ов и Норильский район, разведаны месторождения на Воронежской антиклизме и в Забайкалье. За последние годы никеленосные массивы установлены в Карелии, бассейне р.Печоры, центральном Урале, Пай-Хое, Таймыре, бассейне р.Хатанги, юге Анабарского щита, складчатом обрамлении Алданского щита, Буреинском кристаллическом массиве, юге Дальнего Востока и других местах. Подавляющее большинство промышленных месторождений располагается на щитах и платформах, реже в складчатых системах палеозоя и мезозоя. Сейчас устанавливается значительно большее разнообразие структурно-тектонических и геологических обстановок формирования этих месторождений, нежели считалось ранее.

Типовыми чертами сульфидной медно-никелевой формации является трехминеральный состав руд (пентландит-халькопирит-пирротин), развитие двух главных типов промышленных руд (сингенети-

ческого вкрашенного и эпигенетического сплошного), наличие тесной пространственной связи с дифференцированными массивами ультраосновных-основных пород (при локализации руд преимущественно в нижней приконтактовой зоне). Все известные в мире промышленные медно-никелевые месторождения могут быть объединены в 4 морфогенетических (формационных) типа, аналоги которых развиты или могут быть встречены на севере Красноярского края:

норильский – пластообразные и линзовидные пологие залежи вкрашенных и сплошных руд в силообразных и хонолитообразных никрит-габбро-долеритовых массивах;

печенгский – четковидные крутонаклонные жилообразные тела брекчиивидных и блоки богато-вкрашенных руд в пластообразных габбро-перidotитовых массивах;

садберийский – линзовидные и столбообразные субвертикальные тела сплошных и прожилково-вкрашенных руд в крупных лополитообразных диорит-норитовых массивах;

мончегорский – вертикальные жилы сплошных руд в лакколитообразных пироксенит-перidotитовых массивах.

Норильский тип характеризуется преобладанием сингенетических руд, садберийский и мончегорский – эпигенетических, для печенгского характерна тесная связь с наложенным метаморфизмом различных фаций, приведшим к переотложению руд. В первых двух типах хорошо выражена горизонтальная (прямая) и вертикальная (обратная) зональность оруденения, для последних характерна концентрическая металлогеническая зональность. Можно отметить парагенетическую связь с крупными медно-никелевыми месторождениями полиметаллических медно-свинцово-цинковых (Садбери, Линн-Лейк), платиновых и хромитовых (Бушвельд), титаномагнетитовых (Хдановское), медных и медно-колчеданных (Норильск) промышленных месторождений и рудо-проявлений. Все эти особенности хорошо читаются на соответствующих геологических картах и разрезах рудных полей (в том числе Садбери, Печенги, Аллареченском, Мончи, Норильска-І и Линн-Лейк).

Прогноз эндогенного оруденения обычно формулируется в результате синтеза наших знаний как об условиях и процессах в земной коре, приводящих к образованию месторождений, так и специфики геологического строения данной территории. Первое определяется уровнем развития теории рудообразования и связано с выявлением конкретных рудоконтролирующих критериев, второе обуславливается степенью разработки основ и методов металлогенического анализа типовых рудоносных структур.

Разработка наиболее вероятной гипотезы происхождения медно-никелевых руд, отвечающей наблюдаемым геологическим фактам и

физико-химическим предпосылкам – фундамент для интерпретации имеющихся данных. Большая часть исследователей относит эти руды к ликвационно-магматическим образованиям, многие из которых рассматривают как результаты гидротермально-метасоматических пост-магматических процессов, некоторые разделяют концепцию о метаморфогенной регенерации. Для наиболее крупных месторождений (в том числе Талнаха) устанавливаются факты, свидетельствующие о сочетании всех этих процессов при образовании наиболее богатых руд. В общем виде это многостадийное формирование протекает в следующей последовательности: внедрение и дифференциация геохимически специализированной магмы с кристаллизацией вкрашенных сингенетических руд (с возможными явлениями глубинной и внутрикамерной ликвации), околоинтрузивный метаморфизм с формированием пород дайковой серии, внедрение и кристаллизация эпигенетических руд, автометаморфизм с частичной регенерацией руд, региональный или локальный метаморфизм с формированием брекчиивидных руд. Таким образом, процесс медно-никелевого рудообразования характеризовалась широким диапазоном физико-химических условий, при этом осуществлялось тесное взаимодействие магматического и тектонического факторов. Если первому принадлежала в основномrudогенерирующая роль (накопление и выделение рудного вещества), то второму –rudораспределющая (перемещение рудных компонентов и их локализация в зонах наименьшего давления). В основном оруденение локализуется в приконтактовых частях массивов, где магма в результате охлаждения в первую очередь освобождалась от избытка растворенных летучих и подвергалась тектоническому воздействию среды. В формировании промышленных руд главное значение имели два этапа (или процесса) – магматический и метаморфогенный, причем первый играл преобладающую роль в формировании так называемых сингенетических вкрашенных руд, второй – богатых сплошных, жильных и прожилково-вкрашенных.

Специальный металлогенический анализ рудоносных площадей севера Красноярского края должен проводиться путем выявления и картирования глобальных (общих для всех никеленосных провинций), региональных (свойственных данной провинции), районных (присущих известным рудным узлам) и локальных (характерных для промышленных рудных полей) рудоконтролирующих факторов. В качестве глобальных выступают зоны (пояса) глубинных разломов, отражающиеся в верхнем структурном этаже, часто в виде структурно-формационных зон. К региональным отнесены вулкано-тектонические постройки траповых полей, включая их элементы – контуры областей накопле-

ния пикритовых базальтов, предполагаемые по геофизическим данным очаговые области, центры извержений и т.д. К районным факторам относятся "пучковое" строение интрузивных массивов в сочетании с приразломными пликативными структурами, в качестве локальных широко используются явления петро-геохимической и рудной зональности интрузий.

В соответствии с положением основных структурно-фацальных зон и интенсивностью развития металлогенически-специализированных базитов на севере Красноярского края можно выделить следующие Магматические субпровинции (отвечающие понятию рудных поясов): Северо-Тунгусскую толеит-базальтовую, Норильско-Оленекскую оливин-базальтовую, Таймырскую толеит-трахибазальтовую и Маймеч-Котуйскую щелочно-ультраоснововую. В пределах Норильско-Оленекского металлогенического пояса закартирован ряд трапповых впадин, по масштабам отвечающих понятию рудных (или рудоносных) районов, в том числе Норильско-Талнахский, Северо-Хараэлахский и Маймечинский. В их пределах, кроме известных (Талнахский, Норильский, Имангдинский, Моронговский, Восточно-Норильский, Ожно-Норильский), выделяются предполагаемые рудные узлы (Микчандский, Арилахский, Талмы-Иконский, Усть-Таловский, Северо-Вологочанский, Ханарокий) и поля (Джангийское, Ергалахское, Вальковское, Аяллинское, Хенюляхское). Обоснованы рекомендации по дозорзведке промышленных полей - Норильского (юго-восточные фланги и нижний рудовмещающий горизонт), Талнахского (северо-восточные и северо-западные фланги) и Имангдинского (северо-восточный фланг и верхний рудовмещающий горизонт). Вдоль тектонически мобильных западной и восточной границ Северо-Тунгусской металлогенической области протягиваются Имангдино-Летнинская и Вилуйско-Котурская рудные зоны, в пределах которых известны Курейский и Вилуйский районы, а также намечаются отдельные перспективные узлы (Хугдакантский, Авамский, Неконгдаконский, Кунтыкахский и др.). Для Таймырского металлогенического пояса в соответствии с положением крупных трапповых впадин могут быть выделены Западно-Таймырский и Восточно-Таймырский никеленосные районы, изученность которых не позволяет пока детализировать их районирование, однако в качестве потенциальных рудных зон намечаются Киркатацкая, Кыйдинская и Красносопочинско-Пургинская.

В соответствии с нарастающей степенью тектонической активности от Маймечинского через Курейский к Норильскому и Северо-Хараэлахскому районам усложняется дифференциация и форма (силлы - леполиты - хонолиты - этмолиты) массивов, возрастают масштабы

руденения и доля эпигенетических руд, что позволяет предполагать присутствие в пределах складчатого Таймыра более широкого спектра магматических и рудных формаций в связи с мантийными базальтоидными магмами, а соответственно - возможность формирования богатых медно-никелевых руд. Последние данные Н.Н.Нагайцевой, например, свидетельствуют о существовании там до трех потенциально-никеленосных магматических ассоциаций (формаций): пикрит-габбро-долеритовой норильского типа (Диринга, Б.Ботаникага и др.), анкарамит-пикрит-эсексит-габбро-долеритовой (Дебяска-Тари) и трахиодолерит-трахиандезит-долеритовой (Тарейская интрузия). А.И. Забияка и др. предполагают сходство габбродиоритового массива Тулай-Кириака с габбро-коритовым никеленосным plutоном Садбери.

Главной текущей задачей изучения перспектив никеленосности Норильского региона и прилегающих территорий является оперативное составление разномасштабных металлогенических и прогнозных карт на основе обобщения и анализа геолого-геофизических, съемочно-поисковых и петрологических данных путем выявления критериев связи медно-никелевого оруденения со всем комплексом геологических факторов, влияющих на процессы рудообразования, а также определения формационной принадлежности известных и прогнозируемых рудопоявлений. Учитывая известные аналогии в строении и развитии промышленно-никеленосного Норильского района с рядом прогнозируемых рудоносных площадей, есть полное основание ожидать там уже в ближайшие годы обнаружение новых богатых месторождений при проведении соответствующего объема поисково-разведочных работ.

Методологической основой прогнозирования должен являться структурно-формационный анализ геологических образований в сочетании с методом "аналогий" на количественной основе.

В последнее десятилетие в тектоно-магматическом районировании трапповых полей все большая роль отводится специфическим постройкам - концентрическим кольцевым вулкано-тектоническим структурам. Определение "вулкано-тектонические" они получают согласно существующим представлениям, по которым при наложении тектонических и вулканических процессов возникают своеобразные "синтетические" постройки, отличные как от собственно вулканических - производящих структур, выводящих магму на поверхность (жерла вулканов, трещинные кавалы излияния, корневые интрузии и т.п.), так и от собственно тектонических нарушений, не обнаруживающих прямой связи с вулканизмом. Ведущими элементами вулкано-тектонических структур являются концентрически-криволинейные нарушения, определяющие форму, размер, местоположение центра структуры.

Как показывает проведенный нами анализ, эти структуры обнаруживают повсеместное распространение, широчайший диапазон в размерах, иерархическую последовательность, различия в морфологии и наборе слагающих их вулканитов, интрузивных пород, гидротермальных образований, полезных ископаемых. Оказывается, что именно принадлежностью к разным вулкано-тектоническим структурам, особенностями их эволюции и определяются провинциальные петро- и минерагенические особенности трапповых полей. Это положение является качественно новым этапом в геологии и металлогении траппов, обусловленным, с одной стороны, обилием накопленного материала, а с другой - возросшими знаниями исследователей, поднимающихся в своих построениях до уровня "профессионального палеовулканологического мышления".

Выявление и анализ вулкано-тектонических структур проводились путем сопоставления обнаруженных концентрически криволинейных разрывных нарушений, в том числе при использовании метода НСЧФ, с пликативными формами и соответствующими им формационными подразделениями. При этом широко использованы результаты известных палеовулканических реконструкций (Иванова, Митрошин, Нагайдева, Старицьва, Неменбек, Авдалович и др.), основанных на анализе распределения мощностей и фаций вулканогенных пород и их соотношения с интрузивными комплексами, замерах ориентировок структур течения в лавах, изучении локальных структур и приуроченных к ним вулканических аппаратов, трещинной тектоники. На картах вулкано-тектонические структуры представлены их элементами - разнообразными нарушениями, центрами извержения, контурами областей накопления никеленосных пикритовых базальтов и др. С привлечением физики твердого тела, теории дислокаций, волновой теории показано, что появление спиральных форм, свойственных едва ли не большинству выявленных концентрически-криволинейных структур, является закономерностью как в части механизма их формирования, так и природы явления.

Палеовулканические реконструкции полей развития сибирских траппов, основывающиеся на структурно-формационном анализе перво-триасового вулканизма, и связи промышленных рудных полей горнодобывающих месторождений с отдельными элементами вулкано-тектонических систем, позволили выделить на картах структуры различного ранга - глобальные и региональные разного порядка. В качестве глобальной (надпорядковой) структуры выделяется Енисейский (Предтаймырский) пояс из непрерывной цепи вулканоструктур (цен-

три которых располагаются в его осевой части), характеризующихся наличием последовательно-дифференцированных (от трахиандезито-базальтов до пикритов) серий лав начальных этапов траппового вулканизма с соответствующими интрузивными комплексами. В качестве региональных структур I порядка рассматриваются очаговые вулкано-тектонические депрессии (или структурно-формационные зоны) Норильская, Вологачанская, Хараэлахская и др., являющиеся, вероятно, магмо- и рудогенерирующими структурами. Структуры II порядка (магмо- и рудолокализующие) представлены вулканическими постройками в первые десятки км, примером которых могут служить узлы Норильский, Талнахский, Имангдинский и др. Структуры III порядка (магмо- и рудоинтегрирующие) вмещают фронтальные части ветвей никеленосных интрузий, трубки взрыва со скарново-магнетитовым оруденением и исландским шпатом, штоки гранитоидов с медно-молибденовым оруденением и др.

Формирование вулкано-тектонических структур связывается с нарушением кровли магматических очагов в процессе их эволюции. Различия в размерах структур объясняются уровнями (и размерами) очагов - от мантинных до коровых (промежуточных) и приповерхностных (периферических). При этом для них предполагается общий стиль вулканотектоники - поднятие свода или купола при притоке вещества и тепловой энергии и обрушение при оттоке или исчерпании энергии с образованием рифта или кольцевой депрессии. Соподчиненность кольцевых структур различных порядков (когда небольшие интрузии, жерла и другие аппараты оказываются "нанизанными" на внешние кольца более крупных структур) является структурным выражением распада крупных очагов, - с перемещением их в более высокие горизонты коры, вплоть до выхода на поверхность.

Таким образом, к локальным рудоносным структурам относятся вулкано-тектонические постройки второго и более высоких порядков, главными элементами которых являются концентрическо-криволинейные, вихревые, спиральные и другие дислокации (как наблюдавшие, так и интерпретируемые по геоморфологическим и гидрогеохимическим признакам, геофизическим данным), наличие жерловых и околоверловых пород, даек и субвулканических интрузий, зон гидротермальноизмененных и метасоматических пород, точек оруденения. Их размеры очерчиваются по внешним дуговым разрывам, варьируя в диаметре от нескольких сотен метров до 50 км.

Примерами известных никеленосных структур является Норильская, Талнахская, Имангдинская, Лами-Каменская, Хуперская, Хугдюкантская и др., к числу предполагаемых относятся I Микчандская,

Тальми-Иконская, Усть-Таловская и др. Примером структур с железооруднением являются Веткинская, Макусовская, Эдныдиская, Хаканчанская и Урагечинская, с датолитом и исландским шпатом — Верхнеерачимская.

Норильская структура является наиболее изученной. Она объединяет группу месторождений Норильск-І, Норильск-ІІ, г.Черной, г.Зуб и рудопроявлений интрузий Горстроевской, Кулепа и ручья Медвежьего. Центр системы криволинейных спиралевидных разломов находится в районе окончания хребта Пологого и верховьев р.Болотной, где отмечено одно из жерл ергалахского времени действия Норильского вулкана. От центра к периферии увеличивается угол падения (от 30–40° до 70–80°) и амплитуда (от 50–75 до 150–200 м) дуговых разломов. Куст норильских интрузий реконструируется в форму, близкую к гребному винту. Форма самой интрузии Норильск-І в целом подчиняется левосторонней винтовой симметрии (в плане имеет 5-образную форму, что само по себе является типичным признаком винтовой симметрии). Головные, фронтальные части интрузивных ветвей локализуются в центрах менее крупных спиралей, развивающихся в местах сопряжения дуговых разломов с прямолинейными.

В бассейне р.В.Хугдокант (правый приток р.Северной) И.Н.Горяиновым выделено Хугдокансское рудное поле, обнаруживающее черты сходства с "пучковыми" структурами Норильского и Талнахского рудных узлов. От предполагаемой корневой части отходят четыре интрузивных ветви с вкрапленным оруднением, наиболее четко дифференцированные (до пикритов с 23% MgO) северные ветви при трубообразном сечении (мощность 100–160 м) имеют длину до 15–20 км. Приподнятые и фронтальные части интрузий не вскрыты, во вмещающих породах перми известны жилообразные тела сплошных сульфидов с ореолом гидротермально-измененных пород мощностью до 1–2 м. В гнездово-вкрапленных рудах содержание никеля достигает 0,2%, меди 0,4%. Для изучения строения рудного поля и поисков богатых руд на площади в 600 км² рекомендуются крупномасштабные поиски, профили ВЭЗ и проверочное бурение.

Для Норильского района уже в общем выявлены, оценены главные группы магматических, метаморфических и структурно-тектонических рудоконтролирующих факторов регионального порядка (расслоенные интрузии норильско-талнахского типа, набор метасоматических окорудных формаций, зоны глубинных разломов), поэтому сейчас стоит задача четкого формулирования локальных критериев прогноза для отдельных рудных зон и узлов, а также определения рационального комплекса поисково-оценочных признаков богатых руд.

Исходя из результатов морфогенетического анализа рудных полей промышленных месторождений и структурно-формационных особенностей траповых построек, в качестве наиболее перспективных рудо-локализующих структур обосновано выделение "локальных вулканотектонических структур" в пределах зон магмоподводящих разломов разных систем (главным образом на их пересечениях) на территории развития никеленосных пикритовых базальтов (комагматических аналогов рудоносных интрузий). Первоочередной задачей, исходя из всего набора поисковых признаков (геофизических, тектонических, геохимических, формационных и др.), является разбраковка по металлогенической специализации с последующим поверхностным и глубинным изучением наиболее перспективных никеленосных структур путем постановки детальных поисков и профильного бурения.

Для прилегающих к Норильскому району никеленосных территорий (Курейский, Маймечинский, Западно-Таймырский районы) требуется проведение специальных структурно-формационных исследований для уточнения перспектив рудоносности магматических комплексов ультраосновных-основных пород, определения общих региональных рудоконтролирующих факторов, а также картирования поисковых признаков на базе площадных геолого-геохимических ревизионно-оценочных работ и целенаправленного металлогенического анализа с составлением мелко- и среднемасштабных металлогенических карт на отдельные территории.

Основным результатом исследований должно явиться составление специальных карт (геофизических полей, структурно-тектонических, магматических, метаморфических и рудных формаций, количественной оценки рудооконтролирующих факторов, поисковых признаков и др.) на весь регион (мелко- и среднемасштабные) и отдельные перспективные площади (крупномасштабные).

Разработаны приемы прогнозной количественной оценки с использованием метода главных компонент факторного анализа всей территории Норильского района по площадям, отвечающим листам м-ба I : 50 000 (231 ячейка). По 49 информационным признакам, получаемым при среднемасштабном геологическом изучении территории, выделено 30 ячеек, в различной степени благоприятных для локализации никеленосных гипербазит-базитовых интрузий, а также 45 ячеек, перспективных в той или иной степени на обнаружение медно-никелевых месторождений. С учетом этих данных и результатов металлогенического районирования выделено 15 металлогенически однотипных блоков (площадью от 250 до 400 кв.км) двух категорий, в пределах первой прогнозные запасы руд с высокой вероятностью

оцениваются в объеме 3 месторождений порядка Норильск-І (Пясино-
кий, Северо-Вологочанский, Джантыйский, Усть-Таловский, Талмы-
Иконский, Вальковский и Омнинский МОБ), для второй - 3 месторож-
дений порядка Имангдинского (Моронговский, Восточно-Норильский,
Джано-Норильский, Мишчандский и Арылахский МОБ).

Главнейшими задачами в проблеме количественного прогнозиро-
вания являются: определение оценки промышленной значимости место-
рождений (или интрузий) различных формационных типов, что обычно
делается на основе анализа рудоконтролирующих критериев по от-
дельным регионам, и определение примерной количественной прогноз-
ной оценки каждой геологической структуры того или иного порядка
с указанием вероятных масштабов концентрации оруденения - эта
новая задача требует усиления петрохимических и структурно-
формационных исследований.

УДК [550.84:553.481'43] :551.345

Д.А.ДОДИН, В.А.ШАТКОВ, М.А.САДИКОВ,
Т.С.ДОДИНА, А.Г.САМОЙЛОВ

ГЕОХИМИЧЕСКИЕ МЕТОДЫ ПОИСКОВ МЕДНО-НИКЕЛЕВЫХ МЕСТОРОЖДЕНИЙ В ЗОНАХ КРИОГЕНЕЗА

Многие годы области распространения венчномеральных пород, включая и рассматриваемый в статье север Красноярского края, считались неблагоприятными для проведения геохимических поисков рудных месторождений. Утверждалось, что мерзлотный слой - непреодолимое препятствие для миграции элементов и формирования ореолов и потоков рассеяния рудоносных объектов. Другим фактором, осложняющим возможность применения здесь геохимических поисковых методов, являлось предположение об очень плохой проницаемости даже для высокотемпературных эндогенных растворов мощной (до 3000 м), занимающей более 60% территории, верхнепермско-нижнетриасовой лавовой толщи. Только благодаря выполнению значительных объемов геохимических поисков в северных регионах СССР, США, Канады, Финляндии и открытию ряда месторождений появились сомнения в справедливости высказанных выше предположений. Ряд доказательств в пользу возможности применения геохимических поисковых методов в зонах криогенеза и широкой распространенности трappов был получен при работах на севере Красноярского края [1, 2, 5, 8, 13]. Этими работами было доказано наличие на известных медно-никелевых месторождениях (Норильск-І, Талнахском, Октябрьском) ореолов и потоков рассеяния значительной протяженности и контрастности, что и определяет принципиальную возможность обнаружения указанных объектов геохимическими методами.

Геохимические критерии поисков медно-никелевых месторождений

Главным доказательством возможности выявления скрытых под лавовой толщей никеленосных массивов является наличие их пер-

вичных ореолов. Основными особенностями первичного ореола на месторождениях вишишего промышленного типа - норильско-тальникского - является его сложное строение (до 4 подгоризонтов в составе надрудного горизонта), неоднократное чередование зон концентрации и выщелачивания элементов-индикаторов (медь, никель, кобальт, свинец, цинк, молибден и др.), наличие контрастных аномалий титана и хрома (часто отрицательных), четкая зональность и приуроченность аномалий к породам определенного состава. Вертикальная зональность в общем случае выражается сменой вверх по разрезу каждого горизонта аномалий элементов-индикаторов аномалиями элементов-спутников. Комплексный ореол никеленосного интрузива и рудных тел Тальникского месторождения имеет мощность более 1000 м. Это определяет надежную фиксацию залегающего в девонских отложениях возмущающего объекта при опробовании вулканитов надеждинской и моронговской свит в 400-600 м выше подошвы туфо-лавовой толщи. Первичный ореол на рудопроявлениях, связанных с массивами курейского типа, состоит также из двух горизонтов - подрудного и надрудного. Вертикальная зональность в пределах первого (мощность до 15 м) выражается в смене по мере удаления от рудных залежей никель-кобальт-серебряных аномалий свинцово-меди. Для надрудного горизонта характерны повышенные содержания рудных элементов в толще пород мощностью до 100 м, сменяющиеся затем слабо контрастными аномалиями меди, цинка и свинца. Основным отличием рассмотренного первичного ореола от такового норильско-тальникского типа является отсутствие в надрудном горизонте контрастных аномалий титана и хрома, образующихся лишь при наличии залежей богатых медно-никелевых руд. Есть все основания говорить об инфильтрационном способе образования первичных ореолов рудных тел и о диффузионном - никеленосного интрузива.

Важнейшими локальными минералогическими поисковыми признаками никеленосных массивов являются присутствие в шлифах хромсодержащего авгита, магнезиального оливина и хромшипелидов, повышенное содержание в электромагнитных и магнитных фракциях никеля, кобальта, хрома и меди. Последнее обусловлено особенностями микроэлементного состава основных породообразующих минералов - пироксенов и оливинов дифференцированных массивов норильско-тальникского типа (табл. I).

К вторичным ореолам рассеяния могут быть отнесены комп-

Таблица I
Содержание малых элементов и породообразующих минералов в различных типах интрузий региона

Породообразующие минералы	Бурый (n = 136)			Моноклинный пироксен зеленый хромсодержащий авгит (n = 114)			Оlivин n = 93		
	Тип интрузий			Тип интрузий			Тип интрузий		
	Н-Т	Т	М	Н-Т	Н	М	Н-Т	Н	М
Элемент									
Cu	0,012	0,006	0,003	0,002	0,01	0,007	0,003	0,006	0,013
Ni	0,024	0,026	0,034	0,014	0,029	0,033	0,039	0,019	0,182
Co	0,005	0,005	0,007	0,005	0,004	0,005	0,014	0,005	0,017
Cr	0,103	0,144	0,101	0,071	0,497	0,496	0,314	0,49	0,057
Ti	0,45	0,37	0,46	0,4	0,336	0,31	0,47	0,29	0,08
Mn	0,198	0,214	0,202	0,26	0,1460	0,15	0,166	0,207	0,31
V	0,04	0,049	0,023	0,061	0,042	0,049	0,074	0,045	0,004
Количество анализов	25	67	14	30	33	73	5	3	26
									48
									18

Типы интрузий: Н-Т - нормально-тальникский, Н - накохоский, М - моронговский

лексные аномалии меди ($0,01\text{--}0,02\%$), никеля ($0,01\text{--}0,09\%$) и кобальта (до $0,01\%$) в элювиально-делювиальных отложениях, перекрывающих Талнахскую интрузию. Площадь ореолов $0,5\text{--}10 \text{ км}^2$, общая — 35 км^2 , что в три раза превышает таковую Хараэлахской ветви массива (рис. I). Аномальные зоны располагаются в 2000 м выше залежей сплошных и вкрапленных руд и образовались, по-видимому, за счет разрушения пород четвертого надрудного подгоризонта первичного ореола, характеризующегося мощными и протяженными аномалиями кобальта, никеля и хрома. Отмечается определенное чередование в плане ореолов никеля и кобальта, наиболее удалены от известных залежей сплошных руд первые.

Площадь вторичных ореолов рассеяния на месторождениях Имангдинского рудного узла $1,8\text{--}7,5 \text{ км}^2$. Каждый из них превышает по размерам выходы интрузий в $1,6\text{--}4$ раза. В ореолах отмечается высокие концентрации меди ($0,02\%$), кобальта ($0,01\%$), никеля ($0,02\%$), хрома ($0,1\%$), серебра, свинца, цинка, олова, титана, ванадия и циркония. Источником этих элементов были верхние дифференциаты никеленосного массива и породы второго надрудного подгоризонта первичного ореола. Ореолы установлены при мощности чехла рыхлых отложений $3\text{--}12 \text{ м}$. Концентрация меди и цинка в тонкой фракции проб значительно выше, чем в крупной, что свидетельствует о наличии, наряду с механической, солевой составляющей вторичных ореолов рассеяния.

В рыхлых отложениях, почвах и торфах, перекрывающих тело вкрапленных со шлиром сплошных медно-никелевых руд, залегающих в нижних горизонтах дифференцированного интрузива курейского типа, выявлены контрастные комплексные аномалии меди, никеля и кобальта. Они в $4\text{--}5$ раз превышают по площади указанную рудную залежь, максимально смещаясь от нее на 1 км . Аномалия меди почти полностью совпадает с контурами всего ореола. Контрастность ее возрастает от краевых частей ($0,008\%$) к центру ($0,015\text{--}0,02\%$), и непосредственно вблизи рудного тела содержание меди в элюво-делювии достигает $0,1\%$. Кобальт не образует значительных концентраций ($0,003\text{--}0,004\%$), но столь же широко распространен. Аномалия никеля по площади в три раза меньше описанных выше, располагается прямо над рудным телом, характеризуясь высокой ($0,015\%$), а непосредственно над шлиром ураганной ($0,04\%$) концентрацией. Зональность вторичного ореола при переходе от надрудного пространства к наиболее смещенным от рудных тел участ-

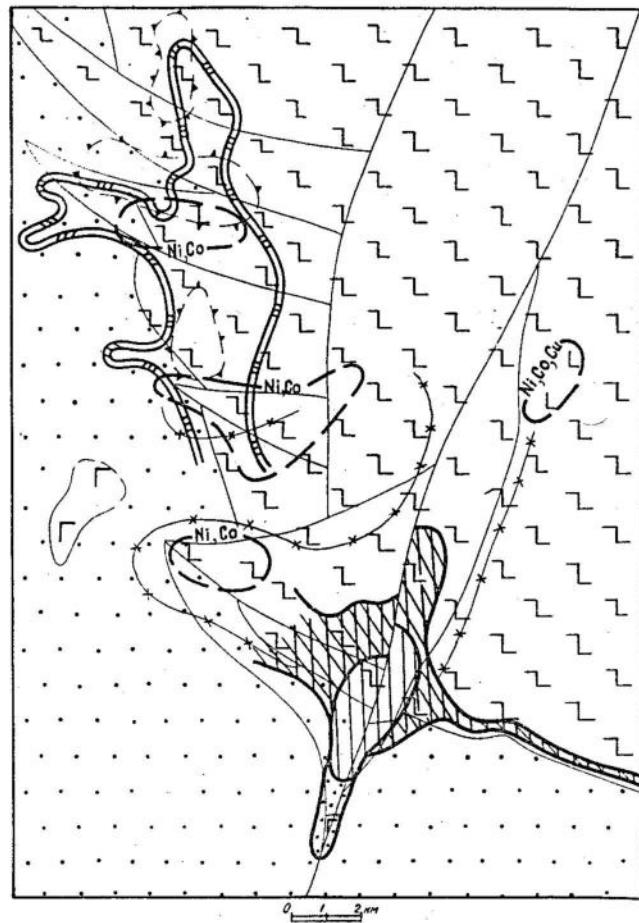


Рис. I. Ореолы и потоки рассеяния Талнахского и Октябрьского месторождений

1 — вулканиты ергалахско-хараэлахского комплексов; 2 — девонские сульфатно-карбонатные и пермские терригенные отложения; 3 — Талнахский массив; 4 — разломы (Н — Норильско-Хараэлахский); 5 — контур верхней Талнахской интрузии по данным бурения; 6 — первичный ореол Талнахского месторождения: а, б, в — 2, 3 и 4-й надрудные подгоризонты; 7 — вторичный ореол рассеяния; 8 — гидрохимические ореолы и потоки рассеяния; 9 — поле высококонтрастных гидрохимических аномалий.

как выражается в смене отчетливо контрастных полизлементных (медь и никель) аномалий моноэлементными зонами концентрации. Рассматриваемый ореол сульфидного рудопроявления является преимущественно солевым по своей природе – аномальные концентрации элементов устанавливаются не только в тонкой фракции элюво-делювия, но и в торфе (0,15 меди, 0,1 никеля, 0,01 кобальта), отсутствуя в крупной фракции рыхлых отложений.

Литогеохимические потоки рассеяния в связи с различными возмущающими объектами – крупными медно-никелевыми месторождениями, сульфидными жилами, телами вкрапленных руд, интрузивными массивами и дайками, покровами пикритовых базальтов – характеризуются разной протяженностью, элементным составом и контрастностью (табл.2). Потоки рассеяния медно-никелевых месторождений Талнахского рудного узла, имеющие наиболее сложный состав и максимальную протяженность (до 6 км), отличаются резким преобладанием меди, никеля и ряда других элементов в илистой фракции, по сравнению с песчаной. Им не свойственно постепенное уменьшение концентрации металлов по направлению стока, аномальные содержания различной контрастности чередуются на всем их протяжении. Характерно, что отношения никеля к меди и кобальту и меди к кобальту близки к таковым в рудах Талнахского месторождения (табл.3).

Эффективная длина потоков рассеяния, выходящих на дневную поверхность пирит-пирротиновых жил составляет около 2,5 км. Контрастность потоков низкая, распределение элементов между илистой и песчаной фракциями аллювия достаточно равномерное. Значения указанных индикаторных отношений в илистой фракции и рудах близки между собой.

Потоки рассеяния дренируемых реками покровов пикритовых базальтов, даек оливиновых долеритов четко фиксируются при исследованиях как илистой, так и песчаной составляющих аллювиальных отложений. Последняя даже более полно отражает состав разрушаемых пород. Если по результатам анализов тонкой фракции в потоках пикритовых базальтов устанавливаются никель и кобальт, то в песчаной, наряду с указанными элементами, постоянно отмечаются аномальные концентрации хрома. Из изложенного можно заключить, что потоки от любых возмущающих объектов надежно обнаруживаются при изучении илестого материала. Имеются неоспоримые данные, указывающие на миграцию рудных элементов в растворах

Таблица 2

Характеристика потоков рассеяния						
Объекты	Потоки	Содержание элементов –индикаторов в %	Точечные контрастные аномалии	Повышенные содержания элементов	Длина монозлементных потоков (км)	Ландшафт
Талнахское и Октибрьское месторождение	Си-0,02-0,15(2-15) Ni-0,02-0,15(1,5-10) Cr-0,015-0,04(I,3-3,3) Co-0,005-0,006(I,3-I,5) Zn-0,004-0,005(I,4-I,7)	Pb, Ag	V	Си-2-6 Ni-2-4 Cr-2-3 Co-2-4 Zn-1,5-2	Элювимальные и транзитивные на эфузивных траппах	- 31 -
Тела пирит-пирротиновых (с халькопиритом) безникелевых РУД	Си-0,025 (I,5-4) Ni-0,008 (2) Cr-0,008 (I,5-3) Zn-0,006 (2)	Tl	Co, V	Си-1-2,5 Ni-0,5 Cr-1,2 Zn-2,5	Элювимально-аккумулятивные на интрузивных, эфузивных и осадочных породах	
Дайкообразные апофизы Талнахской интрузии	Си-0,015 (I,5-1,8) Co-0,006 (I-I,2) Ni-0,009 (I-3,5)	Tl,Pb,Cr	Pb, Cr	Си-1-2,5 Co-0,5-1 Ni-1,0-1,5	Элювимально-аккумулятивные на эфузивных и интрузивных траппах	
Покровные пикритовые базальты	Ni-0,04 (2,5-3) Co-0,005(I-1,5)	-	Cr	Ni-1 Co-1	Транзитивальное, на эфузивных породах основного и ультраосновного состава	
Обнажение терригенных и вулканогенных пород среды ледниковых и водно-ноледниковых отложений	Zr-0,05 (2,2) Pb-0,001 (1,6)	-	Tl	Zr-1-2,5 Pb-1,5-2,5	Элювимально-аккумулятивные на водноноледниковых отложениях энриксированного возраста	
Зоны тектонических нарушений	Zn-0,005 (1,2)	-	Sn(?)	Zn-1	Элювимальные и транзитивные ландшафты на эфузивных и интрузивных траппах	

ПРИМЕЧАНИЕ: В скобках даны коэффициенты контрастности.

Таблица 3
Отношения элементов в рудах, породах и донных осадках
Норильского района

Участки	Материал опробования и фракции донных осадков:	Отношение содержаний элементов			Ni/Cu	Ni/Co	Cu/Co		
		Ni	Cu	Сo					
Южно-Хараэлахский	Вкрапленные руды Талнахского месторождения	0,5	22	22					
	Сплошные руды Талнахского месторождения	1	30	30					
	Донные осадки в пределах потоков:	илистая	1,3	7,8	5,7				
		песчаная	1,6	2,9	2,1				
		Донные осадки участка	1,3	2,7	2,1				
	Титтур-Ороктинский	Руды пирит-халькопирит-пирратинового состава	0,22	4,3	19,3				
		Донные осадки в пределах потоков:	илистая	0,3	1,6	5,0			
			песчаная	0,9	1,6	1,7			
			гравийная	0,8	1,4	1,8			
			Донные осадки участка: илистая	1	1,3	1,4			
		песчаная	1	1,6	1,7				
Вальковский		Пикритовые базальты	7,1	6,6	1,1				
		Донные осадки в пределах потоков:	илистая	4,0	5,5	1,3			
			песчаная	4,2	4,1	1,0			
			Донные осадки участка: илистая	2,7	3,5	1,3			
		песчаная	2,2	3,1	1,4				
	Талнахский	Габбро-долерит	0,71	1,6	2,2				
		Донные осадки в пределах потоков рассеяния:	илистая	3 ¹	8	2,5			
			Донные осадки участка: илистая	1,5	2,3	1,4			
			Донные осадки правого притока р.Хенюлях (потоки отсутствуют):	илистая	1,6	1,9	1,5		
				песчаная	0,8	1,5	2,0		
		Донные осадки участка:	илистая	1,2	1,8	1,4			
			песчаная	0,9	1,5	1,8			

¹ Повышенная никеленосность потоков обусловлена тем, что вмещающими интрузии породами являются пикритовые базальты.

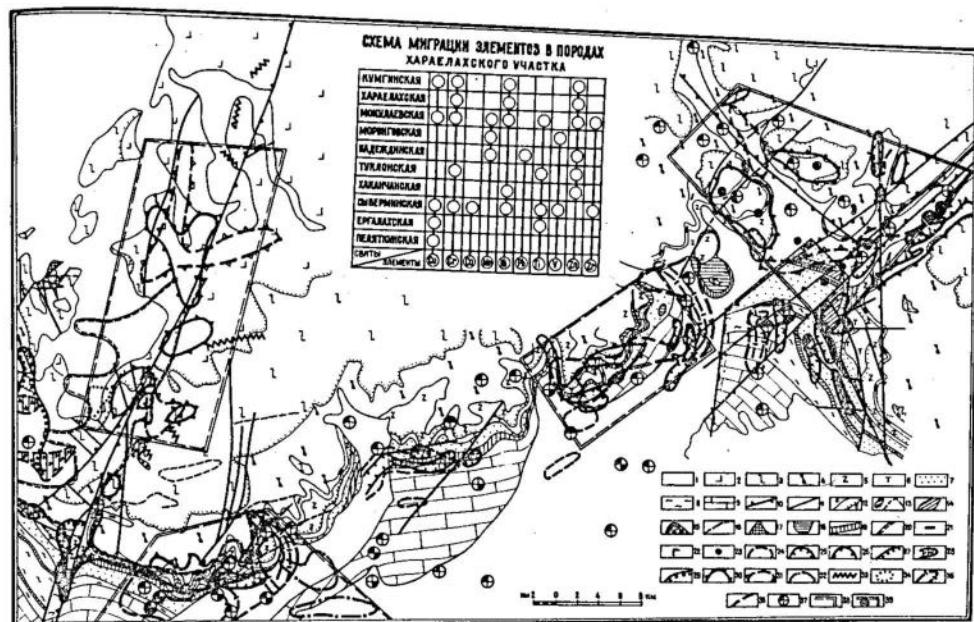


Рис.2. Прогнозная геохимическая карта Хараэлахского участка

I - четвертичные отложения; 2-6 - вулканиты хараэлахского и кумгинско-самоедского (2), моронговско-мокулаевского (3), надеждинского (4), сыверминского (5) и ергалахского (6) комплексов; 7 - угленосная и песчано-глинистая формации верхнего - среднего карбона-перми; 8 - известняковая, известняково-глинистая, глинисто-доломитово-ангидритовая соленосная формации нижнего-верхнего девона; 9 - глинисто-известняковая, известняково-доломитовая, глинистая грантолитовая формации ордовика - нижнего девона; 10 - глубинные магмо- и рудоконтролирующие разломы: I - Норильско-Хараэлахский, 2 - Микчандинский, 3 - Иконский; II - разрывные нарушения; 12 - геологические границы: а - согласного, б - несогласного залегания пород; 13-19 - интрузии: 13 - безоливиновых и оливинсодержащих долеритов хараэлахского и кумгинско-самоедского комплексов, 14 - далдиканского типа, 15-16 - норильско-талнахского типа: 15 - первой фазы, верхняя Талнахская интрузия, 16 - второй фазы, 17 - моронговского типа, 18 - оливиновых и оливинсодержащих долеритов сыверминского комплекса, 19 - трахидолеритов; 20 - контур распространения верхней Талнахской интрузии по данным бурения; 21 - горизонт пикритовых базальтов в кровле вулканитов сыверминского комплекса; 22 - Микчандинский и Иконский покровы в средней части вулканитов надеждинского комплекса, 23 - пробуренные скважины на Микчандинско-Иконской площади; 24-26 - геофизические аномалии: 24 - гравиметрические, 25 - магнитные и аэромагнитные, 26 - переходного процесса; 27-29 - ореолы и потоки рассеяния Талнахского месторождения: 27 - первичный, 28 - вторичный, 29 - поле "исключительности" третьего порядка по гидрогеохимическим данным; 30-35 - геохимические аномалии элементов-индикаторов и спутников: 30 - в коренных породах, 31 - в рыхлых отложениях, 32 - в торфах, 33 - в донных осадках, 34 - в поверхностных водах, 35 - в электромагнитных фракциях шлихов; 36 - поля распространения хромосодержащего авгита в шлихах; 37 - минералы-полезные ископаемые в шлихах: левый верхний сегмент - халькопирит, правый верхний - халькоизин, левый нижний - галенит, правый нижний - сфалерит; 38-39 - участки, рекомендуемые для геохимических поисков масштаба 1:25 000 и 1:50 000 и поискового бурения, называемые скважинами: 38 - первой очереди (I - зона Норильско-Хараэлахского разлома), 39 - второй очереди (2 - междууречье Листвинка - Хребтовая, 3 - междууречье Хенюлях - Нералах, 4 - бассейн нижнего течения р.Икон).

Отно

Уча- стки	Мат- и ф
Джено-Харае- лахская	Вк Сп Доэ
Дон	Руд Дон
Типтур- Ороктинский	Дон
Вальковский	Пик Дон
Габс- дони- илист	Дон
Иконский	Донн (пото) Донн
Талнахский	

^x Повышенные
и интрузию

через мерзлотный слой. Это, прежде всего, наличие, наряду с механическими, солевых составляющих потоков рассеяния, свойственных, как правило, только рудоносным объектам.

Гидрогоеохимические критерии основаны на фиксации медно-никелевых месторождений в подземных и поверхностных водах [10] аномалиями меди (50-1600 мкг/л), никеля (100-2500 мкг/л), кобальта (3-180 мкг/л), хрома (до 200 мкг/л), цинка (20-150мкг/л). Гидрогоеохимическое поле "исключительности" третьего порядка протягивается в пределах Талнахского рудного узла на площади 60 км², фиксируя Октябрьское месторождение, а также предполагаемые Лесноозерскую, Томулахскую и Мокулаевскую ветви никеленосного интрузива. Важным поисковым признаком является соответствие изменения ассоциаций элементов в водах в зависимости от подобной смены в возмущающих объектах. Главное внимание при этом обращается на пропорциональность изменений при переходе от одного объекта к другому в условиях сходной физико-географической среды. В такой трактовке известный в гидрохимии принцип соответствия позволяет распознавать скрытые никеленосные объекты по эталонным участкам или обходиться без них. При наличии единого возмущающего объекта отмечается четко выраженная закономерность в гидрогоеохимическом поле, сформированном под его влиянием. Пространственная разобщенность руд на глубине, а в случае крупного месторождения наблюдается именно такая картина, ведет к рассогласованному поведению рудных компонентов на площади, что находит свое отражение и в водах, тем более, что мощная толща многолетнемерзлых пород способствует возникновению диффузивных солевых ореолов. Изучение изменений ассоциаций элементов позволяет различать воды северонорильского и талнахского типа. Последний предполагает присутствие в пределах объекта сплошных сульфидных руд, первый - вкрашенных.

Особенности применения и комплексирования геохимических методов на различных стадиях поисков и прогнозные геохимические карты

Высокая эффективность и экономичность геохимических поисковых работ возможна при стадийном выполнении и рациональном комплексировании методов. Опыт поисков медно-никелевых месторождений на севере Красноярского края и анализ сведений по другим регионам позволяют подразделить их на три стадии рекогно-

цировочных и поисковых съемок масштабов I:200 000 (I:500 000) I:50 000; I:25 000.

Необходимость постановки рекогносцировочных работ на площадях, покрытых геологической съемкой масштаба I:200 000, объясняется плохой геохимической изученностью территории, отсутствием при предшествующих работах комплексного подхода к применению рассматриваемых поисковых методов. Эта стадия решает задачу выявления рудных районов или узлов, вдоль границ которых существенно меняется набор геохимических параметров. В зависимости от ландшафтного строения, на этом этапе работ используются либо-, гидро- и шлихогеохимическое опробование (табл.3) - методы, характеризующие различной глубинностью и приводящие к выделению потоков рассеяния большого размера.

В пределах последних выполняются работы II этапа - поисковые съемки масштаба I:50 000, направленные на выявление аномальных зон и участков - локальных объектов. Поиски этой стадии ведутся с помощью нескольких методов, причем наряду с ранее проведенными видами опробования применяются новые, способствующие максимальной локализации перспективных площадей, в первую очередь литогеохимические поиски по первичным ореолам (табл.3). Комплексное применение геохимических методов, использование сети пробоотбора, значительно меньшей размеров охваченных месторождений, использование также электроразведочных работ методом переходных процессов, профильной магниторазведки и гравиразведки исключает возможность пропуска рудных объектов, способствует более правильному определению их глубинности и площадей залегания.

Завершающая стадия - поиски масштаба I:25 000 и крупнее выполняется на ограниченных высокоперспективных площадях с целью открытия месторождений и рудных тел путем оценки выявленных при предыдущем этапе геохимических аномалий. Ведущими являются метод поисков по первичным ореолам, особенно глубинное геолого-геохимическое картирование с составлением объемных моделей изучаемых объектов, а также биогеохимическое опробование и площадные геофизические работы методом переходных процессов. Подводится итог изучению территории, оцениваются ее перспективы на открытие проявлений различной степени рудоносности, в том числе залежей богатых руд. Особое внимание должно уделяться разработанным авторами методам оценки никеленосности трапп-

вых массивов [4,5].

Рассмотренные выше закономерности строения ореолов и потоков рассеяния определяют некоторые особенности применения различных видов геохимического опробования. Так, наличие в первичном ореоле, с одной стороны, мощных (до 500 м), протяженных (до 1000 м по простирации и 1500 м по падению) зон выщелачивания и концентрации рудных элементов, с другой - локальных линейных приразломных аномалий вызывают необходимость сочетания профильного опробования с шагом 50-100 м вкрест простирации пород и отбора проб по их простирации. Второй способ опробования одного и того же химически однородного покрова или слоя осадочных пород позволяет улавливать очень слабые зоны привноса-выноса никеля, меди и других рудных элементов. Устойчивая повторяемость этих зон в разрезе указывает на наличие глубокозалегающего никеленосного массива.

В пределах выявленных полос концентрации и разубоживания определенного набора рудных элементов ставятся геохимические поиски масштаба I:25 000 с целью обнаружения приразломных аномалий - составляющих первичного ореола рудных тел. Опробование ведется по разрезам с шагом 5 м.

Для обнаружения солевой составляющей вторичных ореолов и потоков рассеяния все пробы рыхлых отложений, почв и донных осадков рассеиваются на классы: - 0,068; +0,068; -I и + I мм. С помощью параллельного спектрального анализа мелкой и крупной фракции и минералогического изучения крупнообломочного материала удается подразделить аномалии на рудные и ложные, определить глубину залегания возмущающего объекта. Комплекс указанных анализов выполняется лишь для аномальных участков.

Гидрогеохимическое опробование на первой стадии выполняется, как правило, методом профилирования по рекам, идущим вкрест простирации горных пород, а также по крупным широтным притокам; опробование озер проводится авиадесантным методом. Необходимо проведение стационарных режимных наблюдений для выявления закономерностей изменения общего солевого и микрокомпонентного состава природных вод на период полевых работ. При второй стадии поисков, если пункт режимных наблюдений оказался в районе исследований, то на нем обязательно продолжаются работы. Детально изучаются по повышенным значениям минерализации участки разгрузки подземных вод и вскрытые эрозионным срезом восходя-

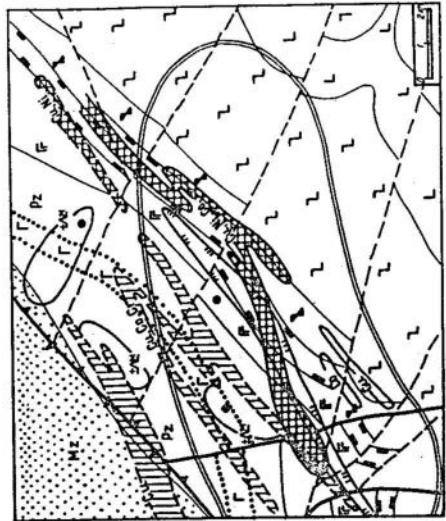


Рис. 3. Прогнозная геохимическая карта Талминской площади (А) и детальная схема Восточного участка (Б).

I - юрские и меловые отложения; 2-6 - вулканиты комплексов; 2 - кумгальско-самоедского, 3 - харьялахского, 4 - моронговско-мокулаевского, 5 - надеждинского, 6 - сывермийского и ергалахского; 7 - палеозойские осадочные отложения; 8 - конкруты залегающие на полигенезе; 9 - зоны глубинных разломов; I - Северо-Харьялахская, 2 - Боганидская, 3 - Норильско-Харьялахская, 4 - Кумгинская, 10 - разрывные нарушения; II - первичный, 12 - вторичный; 13 - магматические аномалии; 13-14 - ореолы; 13 - в коренных породах, 14 - в рыхлых отложений; 6 - в коренных породах, 6 - в рыхлых отложениях; 8 - в коренных породах; 18, 19 - литеохимические аномалии; 18 - в коренных породах, 19 - в рыхлых отложениях; 20 - скважины, вскрывшие рудоносные породы.

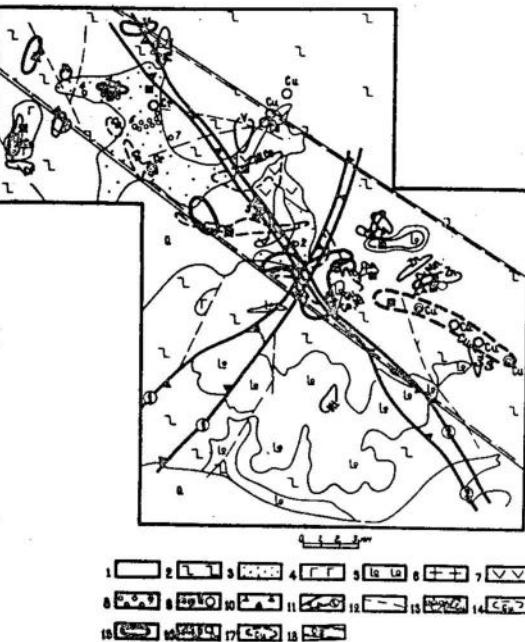
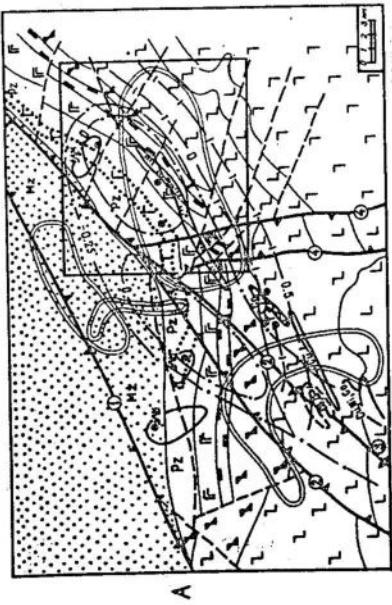


Рис.4. Прогнозная геохимическая карта Авамского участка

I - четвертичные отложения; 2 - вулканиты надеждинского и моронговско-мокулаевского комплексов; 3 - верхнепермские терригенные отложения; 4-6 - дифференцированные интрузии: 4 - ороткинского, 5 - кулымбинского, 6 - далдиканского типов; 7 - изотропные интрузии; 8 - полевошпатовые метасоматиты; 9 - участки минерализации: а - халькопирит-пирит-пирротиновой, б - халькопирит-сфалеритовой; 10 - железные шляпы; II - зоны глубинных разломов: I - Мало-Беряеканская, 2 - Авамская; 12 - разрывные нарушения; 13-14 - геохимические аномалии: 13 - в коренных породах, 14 - в рыхлых отложениях: а - слабые, б - контрастные; 15 - площади распространения хромсодержащего авгита в шлихах; 16 - аномальные концентрации рудных элементов в шлихах: а - слабые, б - контрастные; 17 - потоки рассеяния меди; 18 - площадь, рекомендованная для детальных геохимических поисков, проектные скважины.

щие родники.

Шлиховое опробование на первой стадии также выполняется методом профилирования, а на второй носит площадной характер. Результаты шлихо-геохимического анализа электромагнитной фракции на первой стадии поисков используются для выделения однородных участков. Шлиховое опробование второй стадии должно дать четкое представление о характере интрузий, формирующих шлихо-минералогические и шлихо-геохимические ассоциации, и наметить конкретные участки распространения массивов, оливиновые долериты которых относятся к норильско-талнахскому и накоховско-му геохимическим типам (табл. I).

Конечным итогом каждой стадии поисков является прогнозная геохимическая карта, отражающая и основные результаты геологических, геофизических и прогнозно-металлогенических исследований.

Геологической основой для прогнозных геохимических карт служат структурно-формационные (фациальные) или литологические карты с обязательно выделенными геохимическими типами, классами и группами рудоносных магматических комплексов. На карты наносится необходимая металлогеническая нагрузка и разнообразная геохимическая информация (рис. 2-4). Аномалии, выделенные различными поисковыми методами, отмечаются на карте видом контурной линии – сплошной, пунктирной и т.д. Степень их контрастности показывается толщиной контура, элементный состав – цветной или черно-белой штриховкой. Наряду с аномалиями элементов-индикаторов медно-никелевых месторождений, по результатам шлихо-геохимических поисков наносятся поля типоморфных для никеленосных массивов минералов: хромсодержащего авгита, хромпилелидов, магнезиального оливина и т.д. Поверхностями тренда или тренда факторов описываются закономерности распределения элементов в комплексах магматических, осадочных и метаморфических пород, отложениях элементарных ландшафтов. Выделяются точки и поля "исключительности" – аномалий с четкой рудной специализацией.

Разбраковка аномалий, обобщение результатов поисков широким комплексом методов значительно повышает достоверность оценки территорий, позволяет наметить и нанести на карту участки детализационных работ, места заложения горных выработок и скважин.

Некоторые результаты геохимических поисков

Комплексные геохимические поиски медно-никелевых месторождений по предложенной методике проведены авторами на Хараэлахском, Тальминском, Авамском, Норильском, Имангдинском, Типтур-Ороктинском, Хукдюкайском, и Светлогорском участках общей площадью более 10 000 км². Результаты работ на первых трех объектах кратко разбираются ниже. На Хараэлахском участке, охватывающем южный борт одноименной мульды, по результатам поисковых работ четко выделяются: зона Норильско-Хараэлахского разлома, Талнахско-Вальковский, Аякинский, Таликит-Хикейский и Иконско-Микчандский участки (рис. 2). Количество точек с аномальными содержаниями рудных элементов резко уменьшается от зон глубинных разломов к центру территории. Пачки наиболее плотных пород, не содержащие прослоев туфов, подобные вулканитам сыверминского и верхней части моронговско-мокулаевского комплексов, являются геохимическими барьерами. Намечается следующий ряд элементов по возрастанию миграционной способности: кобальт → свинец → ванадий → титан, марганец, цирконий → никель, медь, хром, цинк. Аномалии последних четырех элементов характеризуются даже при залегании возмущающих объектов на глубинах до 2,5 км. В коренных породах выделена серия полизлементных аномальных зон, среди которых по природе возникновения выделяются (табл. 5):
а) предположительно и явно рудно-никеленосно-интрузивные;
б) связанные со вскрытыми дайками и пологосекущими телами долеритов; в) в зонах гидротермальной проработки тектонических нарушений; г) породные; д) неясного генезиса. Аномалии первой группы по своему элементному составу, контрастности и размерам обнаруживают полную аналогию с первичным ореолом Талнахского месторождения. Некоторые из них безусловно являются ореолами отдельных ветвей (Северной и Олорской) верхней Талнахской интрузии, другие обусловлены ее продолжением на север вдоль основного шва Норильско-Хараэлахского разлома. К последним относятся крупные Хараэлахская и Дьянговская аномалии (рис. 2). Здесь в рыхлых отложениях итоговых осадках установлены высококонтрастные аномалии никеля, меди, хрома и кобальта, по всем параметрам аналогичные вторичным ореолам и потокам рассеяния Талнахского и Октябрьского месторождений. Вероятно, наличие сорбирующего материала в глинистых частицах четвертичных отложений над

зонами глубинных разломов, по которым мигрируют подземные воды, приводят к обогащению рудными и сопутствующими элементами различных типов рыхлых осадков. Это и определяет механизм формирования аномалий в рыхлых отложениях и речных осадках над рудоносными Олорской и Северной ветвями Талнахского интрузива. На это указывает также наличие солевых ореолов в русловых осадках и продуктах разрушения элювиально-делювиальных отложений в бортах водотоков с аномальным содержанием металлов и высокие содержания ионных форм меди ($7\text{--}30 \text{ мкг/л}$) и никеля ($5\text{--}20 \text{ мкг/л}$) в пробах воды. Таким образом, узлы с аномальными концентрациями элементов, расположенные вдоль зоны Норильско-Хараэлахского разлома севернее известных месторождений, обусловлены глубоко залегающими рудоносными интрузиями или единым массивом – северным продолжением Талнахского. Наличием широтных и субширотных разломов, являющихся, по-видимому, хорошими проводниками подземных вод, можно объяснить далекое распространение аномалий в разные стороны от Норильско-Хараэлахского разлома. Потоки минералов-индикаторов рудоносных интрузий установлены: магнезиального оливина – только вблизи юго-западной ветви Талнахского месторождения, хромсодержащего авгита – повсеместно. Региональная закономерность в распределении рудных элементов в оливин-пироксеновых фракциях шлихов выражается в постепенном увеличении к востоку от Норильско-Хараэлахского разлома содержаний меди и уменьшении никеля и хрома.

Синтез всех полученных материалов по Талнахско-Микчандской площади дает основание рекомендовать четыре объекта для проведения детальных поисковых работ: зону Норильско-Хараэлахского разлома к северу от разведанных ветвей Талнахского интрузива (площадь 320 км^2), междуречье Листвянка – Хребтовая (180 км^2), междуречье Ченялях – Нералах (150 км^2) и бассейн нижнего течения р.Икон (250 км^2). На первом объекте предлагается пробурить 10 скважин глубиной до 2500 м, на последнем – 14 скважин глубиной до 1400 м (от вулканитов надеждинского комплекса до подошвы нижнего горизонта внедрения). Рекомендуемые работы могут быть выполнены в течение трех лет и будут иметь решающее значение для оценки территории, примыкающей к Талнахскому узлу с севера и востока. В зоне Норильско-Хараэлахского разлома рекомендуемые скважины, по мнению авторов, вскроют никеленосные массивы, аналогичные Талнахскому, или, по крайней мере, связанные с ними зоны метасоматитов.

По результатам работ на Тальминской площади (рис.3) выделены три участка: Восточный, Центральный и Западный. Первый из них охватывает междуречье Кумги – Икона, расположен в восточном блоке Кумгинского разлома и характеризуется наличием комплексных (по меди, никелю, кобальту и хрому) первичных и вторичных ореолов, потока рассеяния хромсодержащего авгита, повышенных содержаний кобальта в электромагнитных фракциях шлихов, поля "исключительности" третьего порядка по литогеохимическим данным. Центральный участок (бассейн р.Кумги) отличается присутствием вторичного (кобальт, медь и хром) ореола и потока хромсодержащего авгита, тяготеющих к зоне Северо-Хараэлахского разлома, поля "исключительности" третьего порядка по гидрогеохимии. В пределах последнего участка (левобережье р.Тальми) установлены комплексные первичные (медь, никель, хром) и вторичные (кобальт, медь) ореолы, литогеохимические и гидрогеохимические поля "исключительности", поток хромсодержащего авгита. Общий для первого и третьего участков является локализация вторичных ореолов вблизи первичных. Поэлементные тренды для меди, никеля, кобальта, хрома в рыхлых отложениях близки между собой, подчеркивая увеличение их концентраций в тех участках, где выявлены вторичные ореолы. Максимумы поверхностей канонического тренда, отражающего согласованное поведение никеля и хрома, совпадают с зонами повышенных и аномальных содержаний рудных элементов, приуроченных к выделенным участкам.

С учетом всех изложенных материалов на прогнозной карте выделен первоочередной участок для поискового бурения и предложены места заложения скважин. При разбуривании выявленных ореолов рекомендации подтвердились – на глубине 400–800 м была вскрыта дифференцированная интрузия норильско-талнахского типа с бедным медно-никелевым оруднением. Наличие последней значительно повышает перспективы объекта, но не позволяет считать поиски на площади законченными. Их необходимо продолжить на участке развития Тальминской интрузии. Ее геолого-петрографическая характеристика дает основание считать, что в благоприятных структурах днища массива могут быть обнаружены залежи богатых руд.

В коренных породах, рыхлых отложениях, шлихах, подземных и поверхностных водах территории Авамского участка выявлен ряд моно- и полизлементных (никель, медь, кобальт, цинк, свинец, серебро и др.) геохимических аномалий разной (до 15 км^2) площади

и иногда значительной интенсивности. Можно видеть (рис.4), что к Авамской зоне разломов тяготеют преимущественно ванадий-цинк-свинцово-марганцево-медные, и Мало-Бережанской - никель-ко-бальтовые аномальные зоны, указывающие соответственно на их полиметаллическую и никелевую специализацию. Область пересечения отмеченных разломов характеризуется положительной специализацией на оба типа оруденения. Весь комплекс рудно-метасоматических проявлений Авамской площади в совокупности с геохимическими аномалиями разной специализации может быть обусловлен наличием никеленосных и полиметаллоносных массивов с залежами богатых руд, а также проявлений ряда других полезных ископаемых. Для вскрытия и установления рудоносности предполагаемых массивов рекомендуется пробурить 8 скважин глубиной до 800 м. Соответствующие рекомендации по направлению дальнейших геологоразведочных работ даны также и для других, указанных выше. Внедрение этих рекомендаций в жизнь будет способствовать расширению рудной базы севера Красноярского края, совершенствованию поисковых геохимических методов.

Выводы

1. Выявление в типичной зоне криогенеза солевых вторичных ореолов и потоков рассеяния при литогеохимических и биохимических работах указывает на возможность широкого применения геохимических поисковых методов на севере Красноярского края.

2. Наличие протяженных и мощных первичных ореолов, известных медно-никелевых месторождений, надежная фиксация их в самых разнообразных по составу базальтах и туфах доказывают, что вулканогенные толщи не являются препятствием для рудогенных растворов, а области их распространения пригодны для постановки геохимических поисков.

3. Эффективность и высокая экономичность геохимических работ достигается рациональным комплексированием методов, выполнением их в процессе последовательных этапов рекогносцировочных и поисковых съемок.

4. Повышение эффективности геохимических поисков может быть достигнуто внедрением в производство таких современных методов, как ртутная и гелиевая съемка, расширением буровых работ по проверке выявленных аномалий.

Таблица 4

Стадийность и комплексирование геохимических методов поисков

Стадии поисков	Ландшафты	Поисковые методы	Количество проб на 1 км ²
I стадия Рекогносцировочная съемка масштаба I : 200 000	Элювиальные Трансэлювиальные, элювиально-аккумулятивные, аккумулятивные	Литогеохимический по вторичным ореолам рассеяния Гидрогеохимический Литогеохимический по потокам рассеяния Гидрогеохимический Шлихо-геохимический	10 0,1 0,5-2 0,1-0,5 0,5
II стадия Поисковая съемка масштаба I : 50 000	Элювиальные Трансэлювиальные Элювиально-аккумулятивные Аккумулятивные	Литогеохимический по первичным ореолам Гидрогеохимический Литогеохимический по первичным ореолам Гидрогеохимический Шлихо-геохимический Литогеохимический по вторичным ореолам рассеяния Гидрогеохимический Шлихо-геохимический Литогеохимический по потокам рассеяния Гидрогеохимический Шлихо-геохимический	20-40 0,5-1 20-40 1 3-4 40 1 3 20 1-1,5 2-3
III стадия Поисковая съемка масштаба I : 25 000 и крупнее	Элювиальные и трансэлювиальные Элювиально-аккумулятивные Аккумулятивные	Литогеохимический по первичным ореолам Литогеохимический по вторичным ореолам рассеяния Биогеохимический	80 80-160 80-160

5. Полученные положительные результаты по применению геохимических методов на севере Красноярского края настоятельно требуют их применения производственными геологическими организациями, ведущими поиски рудных и прежде всего медно-никелевых месторождений.

Особое значение имеют полученные авторами данные о высокой миграционной способности седи, хрома, никеля и цинка в вулканитах зон глубинных мантийных разломов, подобных Норильско-Хараэлахскому. Факты формирования этими элементами в указанных зонах ореолов и потоков рассеяния над промышленно никеленосными массивами позволяют целенаправленно и эффективно проводить геохимические поиски глубоко залегающих медно-никелевых месторождений не только в Норильском рудном районе, но и за его пределами.

Список литературы

1. Архипова А.И. Использование геохимических характеристик для разделения пород дифференцированных и недифференцированных интрузий и для оценки рудоносности территорий. - "Учен. записки НИИГА", 1968, регион.геол., вып.12, с.208-213.
2. Волков И.Д. О методике геохимического опробования габро-долеритовых интрузий в Норильском районе. - "Учен. записки НИИГА", 1964, регион.геол., вып.3, с.231-235.
3. Григорян С.В. Геохимические методы при поисках эндогенных рудных месторождений. М., "Недра" 1974, 216 с.
4. Додин Д.А., Дуденко Л.Н. Петрогенетическая типизация рудоносных трапповых массивов. - В кн.: Проблемы петрогенезиса и рудообразования, корреляция эндогенных процессов (Тезисы докл. к III Восточно-Сибирскому петрографич.совещанию). Иркутск, 1979, с.212.
5. Додин Д.А., Шатков В.А., Леонова Т.С. Минералого-геохимические критерии прогноза богатых медно-никелевых месторождений в Норильском районе. - В кн.: Петрологические основы формирования сульфидных медно-никелевых месторождений и критерии их прогноза. Петрозаводск, 1978, с.185-186.
6. Егорова Е.С. Биогеохимические поиски медно-никелевых и оловянных руд в Енисейском и Яно-Индигирском регионах. - В кн.: Геохимические поиски в областях криогенеза. Л., "Недра",

1970, с.69-73.

7. Иванова А.М. Об изучении геохимических ландшафтов в связи с поисками полезных ископаемых. - "Учен. записки НИИГА", 1964, регион.геол., вып.3, с.73-86.

8. Иванова А.М., Егорова И.С., Куликов Ю.С. Ландшафтно-геохимические исследования при поисках медно-никелевых руд на северо-западе Сибирской платформы. - В кн.: Прогнозирование и методы поисков месторождений никеля, олова и алиазов в Советской Арктике. Л., 1968, с.18-22. (НИИГА).

9. Комарова М.З., Шадрин Л.М. Томулакская ветвь Талнахского рудоносного интрузива и ее возможная перспективность. - В кн.: Проблемы петрогенезиса и рудообразования, корреляция эндогенных процессов (Тезисы докл. к III Вост.-Сибирск.петрографическому совещ.). Иркутск, 1979, с.II2-II3.

10. Кузьмин Е.Е., Посохов Е.В. Опыт применения гидрогеохимического метода при поисках рудных месторождений в Норильском районе. - В кн.: Гидрогеология Енисейского Севера. Л., 1969, с. 50-54.

II. Маракушев А.А. Геохимический анализ процессов экзогенного и эндогенного сульфидного оруденения. - "Геология рудных месторождений", 1976, № 6, с.62-68.

12. Полферов Д.В. Геология, геохимия и генезис месторождений медно-никелевых сульфидных руд. Л., "Недра", 1979, 296 с.

13. Разгонов О.П. Зональность распределения элементов-индикаторов в рудоносных интрузиях Норильского района. - В кн.: Литогеохимические методы при поисках скрытого оруденения. М., 1972, с.9-13. (ИМГРЭ).

14. Садиков М.А. Критерии выявления крупных эндогенных месторождений по гидрогеохимическим данным. - В кн.: Состояние и направление исследований по металлогенезу траппов. Красноярск, 1974, с.II9-II0.

МЕТОДИКА ПОИСКОВ МЕДНЫХ МЕСТОРОЖДЕНИЙ ИГАРСКОГО ТИПА

Обширная территория бассейна р. Енисей площадью 20 000 км² от р. Курейки на юге до р. Хантайки на севере характеризуется высокими перспективами обнаружения месторождений формации медистых песчаников и сланцев. В пределах ее открыты многочисленныерудопроявления, приуроченные к определенным горизонтам осадочных пород [2]. Не вызывает сомнений региональная распространенность последних, сходство вещественного состава и морфологии обнаруженных рудопроявлений с известными в СССР и за рубежом месторождениями указанной формации.

Горизонты локализации медной минерализации и рудных тел тяготеют к границам верхнепротерозойских пестроцветных гравелитов, песчаников, алевролитов излучинской свиты (рис. I) с подстилающими известняками и сланцами чернореченской и перекрывающими доломитами, мергелями, известняками и аргиллитами сухарихинской свиты [2]. Они обнажаются в бортах и шарнирах крупных антиклинальных складок, кулисообразно обрамляющих Игарский выступ, сложенный более древними филлитами, сланцами, песчаниками, эфузивными породами (губинская, лудовская и игарская толщи и свиты).

Складчатость, блоковые смещения, фациальные замещения в осадочных толщах значительно усложняют геологическое строение территории и наряду с очень плохой ее обнаженностью (0-5%) и проходимостью (болота, болота, кочкарник, тайга с густым подлеском) затрудняют ведение традиционных геологосъемочных и поисковых работ. Недостаточно мобильными для опоискования обширных площадей являются и электроразведочные методы, возможность применения которых доказана А.М. Городницким, А.Е. Климовым, М.А. Холмянским. Оба указанные направления малоэффективны без предварительного выделения локальных перспективных участков путем оценки меденосности всей территории, потенциально благоприятной для открытия месторождений меди.

Именно с этой целью на площади более 6000 км² была проведена рекогносцировочная геохимическая съемка масштаба 1 : 200 000.

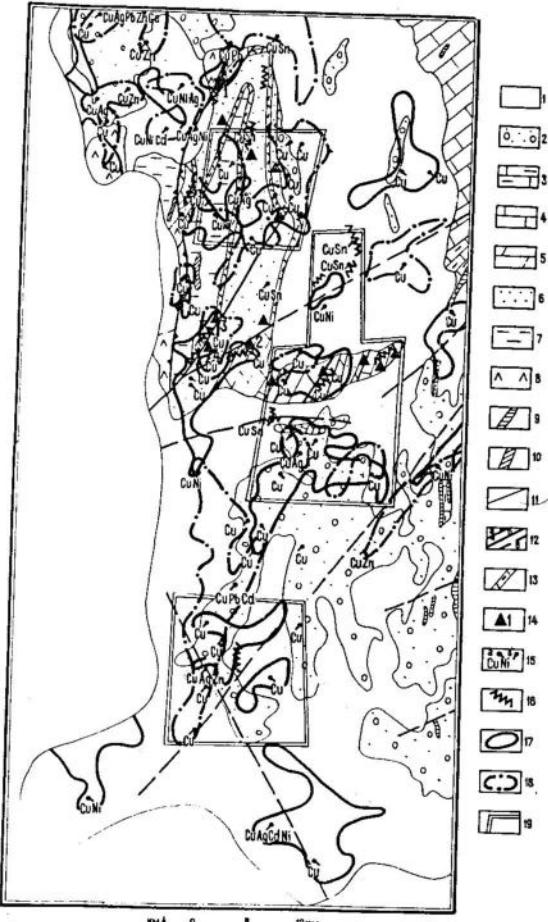


Рис. I. Прогнозная геохимическая карта Игарского участка

I - современные отложения; 2 - средне-верхнечетвертичные пески, супеси, суглинки; 3 - силурийские известняки и ордовикские доломиты, мергели, песчаники; 4 - кембрийские известняки и доломиты сухарихинской (5), конгломераты, песчаники, аргиллиты излучинской (6), известняки и сланцы чернореченской (7), песчаники, эфузивные породы, филлиты губинской, игарской и лудовской (8) свит; 9 - нижнетриасовые долериты; 10 - верхнепротерозойские лейкодиабазы; 11 - геологические границы; 12 - разрывные нарушения зона краевого льва (а), установленные (б) и скрытые под четвертичными отложениями (в); 13 - меденосные горизонты; 14 - рудопроявления меди; 15 - аномальные содержания элементов в воде (а) и донных осадках (б); 16 - потоки рассеяния; 17-18 - гидрогеохимические (17) и литогеохимические по потокам рассеяния (18) аномальные зоны; 19 - участки, намеченные для детализационных работ.

Равномерное описывание обширной территории, кондиционность геохимической съемки, включающей гидрохимическое, шлиховое и донное опробование, достигались применением авиадесантных и маршрутных работ. С помощью вертолета МИ-4 по сети 2-2,5x х 5 км отбирались гидрохимические и донные пробы. При маршрутах по руслам наиболее проходимых рек через 0,5-1 км отмывались шлихи, велось донное и гидрохимическое опробование с шагом 0,5 и 2 км. В среднем на 100 км² территории было отобрано 15 водных, 60 донных и 10 шлиховых проб. Непосредственно в поле производились определения содержаний меди в водных пробах и просмотр шлихов с целью выявления минералов-индикаторов медных руд. Оперативность в получении аналитических данных позволила провести выявленные аномалии, уточнить их контуры.

По результатам статистической обработки аналитических материалов на площадь поисков построена прогнозная геохимическая карта масштаба 1 : 200 000. Геологической основой для нее послужили данные геологосъемочных [1] и ревизионно-оценочных [2] работ, полевые наблюдения, сведения, полученные при дешифрировании аэрофотоснимков. На карте показаны: пробуренные и планируемые скважины, пункты отбора геохимических проб с указанием видов опробования, известные месторождения, рудопроявления и точки медной минерализации.

Повышенные и аномальные содержания рудных элементов и минералов в пробах отражены их символами, причем размеры последних подчеркивают степень концентрации – отличие ее от фоновой на 1, 2, 3 и более стандартных отклонений. Расположение линии, соединяющей точку опробования с символом элемента, в первом квадрате указывает на принадлежность аномального содержания к биогеохимической, во втором к шлиховой, в третьем к донной и в четвертом к гидрохимической пробам. Резервные вертикальные и горизонтальные направления могут быть использованы для отражения аномальных содержаний элементов в коренных породах и рыхлых отложениях.

В зависимости от вида опробования на карте выделены линейные и площадные аномалии меди. Первые установлены по результатам шлихового и донного опробования аллювия, вторые – донных осадков озер, вод естественных водоемов и водотоков. Синтез полученного геохимического материала с использованием имеющихся геологических и геоморфологических данных позволил рекомендовать участки детализационных работ, места заложения скважин, которые также

показаны на карте, представленной в упрощенном виде на рис. I. Достоинствами рассматриваемой модели прогнозной геохимической карты являются: 1) наличие необходимых для оценки аномалий геологических и металлогенических сведений; 2) отражение сети отбора проб и аномальных точек по каждому виду опробования; 3) возможность видеть: кондиционность съемки, вещественный состав аномальных зон, изменение концентрации элементов в их пределах, распределение основных ассоциаций последних, обоснованность данных рекомендаций.

Результаты работ

С помощью различных методов на опиcкованной территории выявлена серия комплексных аномалий, характеризующихся повышенными содержаниями рудных элементов или минералов полезных ископаемых. Последние, представленные главным образом халькопиритом и халькозином, образуют потоки рассеяния известных рудопроявлений меди – Гравийского, Сухарихинского, Излучинского и Рудниковского (рис. I), точек минерализации, выявленных В.А. Даценко в среднем течении р. Сухарихи, выходов рудоносного горизонта под четвертичные отложения в бассейне р. Черной (севернее Сухарихинского рудопроявления). Кроме того, потоки рассеяния выявлены в верховьях рек Желтой и Шумихи – правого и левого притоков р. Сухарихи, в среднем течении р. Гремучей (южная часть территории). Потоки рассеяния и установленные аномалии имеют протяженность 0,5–5 км, фиксируются, как правило, при изучении самых разнообразных аллювиальных отложений, характеризуются низкой контрастностью. Их зональность обусловлена различной устойчивостью минералов к механическому разрушению. Халькозин и борнит отмечаются лишь вблизи выходов рудных тел, халькопирит удалается от них на 1–1,5 км. Потоки рассеяния минералов полезных ископаемых в большинстве случаев подчеркиваются наличием в шлихах эпидота, цоизита, граната – минералов верхнепротерозойских метаморфизованных осадочных пород, в то время как обычным аллювиальным отложениям свойственна трапповая магнетит–ильменит–пироксеновая шлихо–минералогическая ассоциация.

При изучении илистой фракции отложений водотоков выявлены единичные малой протяженности (0,5–1 км) аномалии с ураганным

содержанием меди (до 0,15%), повышенными – олова. Пространственно они совпадают с потоками рассеяния минералов и образовались, скорее всего, механическим способом. Характерно, что обогащение илистой фракции меди чаще свойственно мелким ручьям, участкам рек со слабым течением и не отмечается, в частности, для крупной и быстрой р. Сухарихи, в русле которой обнаружены многочисленные, разнообразные по составу и строению рудные тела.

Чрезвычайно редко (<1%) устанавливаются аномальные концентрации рудных элементов и в илистых фракциях озерных осадков. Однако с обогащением последних органикой, вследствие широкого развития в пределах территории процессов заболачивания озер, они обогащаются до ураганных количеств меди, свинца, цинка, кадмия, никеля и рядом других элементов. Огромные аномалии площадью до 200–250 км², располагающиеся вблизи известных рудопроявлений, на участках выходов под четвертичные отложения рудных горизонтов, выявлены при изучении элементного состава торфяно–илистых озерных отложений (рис. I).

Не менее распространены в пределах территории гидрохимические аномалии. Их площадь достигает 100–150 км², содержание меди в воде – 50 мкг/л. Как правило, они приурочены к участкам пересечения рудных горизонтов разломами и втянуты вдоль последних.

Вблизи известных рудопроявлений – Гравийского, Сухарихинского, Излучинского и Рудниковского отмечается совмещение литогеохимических, гидрохимических и шлиховых аномалий. Близкое их расположение свойственно также территориям средних течений рек Сухарихи и Гремучей, верховий рек Желтой и Шумихи. В пределах почти каждой из этих площадей потоки рассеяния минералов полезных ископаемых (иногда литогеохимические, установленные при опробовании илов водотоков) располагаются в краевых частях комплексов аномалий, частично перекрываюсь лишь гидрохимическими. Аномалии в торфяно–илистой фракции донных осадков озер удалены от потоков и не всегда перекрывают поля повышенных содержаний меди в воде. Такая закономерность, по–видимому, обусловлена особенностями гидродинамических процессов, а именно: более интенсивным дренажем отложений вблизи водотоков и ослаблением его вдали от речных магистралей. Если непосредственно в русле реки проявление меди устанавливается при изучении шлихов и илистой фракции донных осадков, то с удалением от нее возрастает чувствительность гидрохимического, а затем донного оп-

робования торфяно-иластого материала.

Эта закономерность наличия вблизи известных рудопроявлений комплекса разнообразных аномалий легла в основу оценки перспектив территории на обнаружение медных руд и позволила выделить в бассейне р.Черной, среднем течении р.Сухарихи, включая ее притоки Шумиху, Желтую и Гремучую, три участка для детализационных работ общей площадью около 1000 км².

Основные методы детализации перспективных площадей

Выявленные на I этапе поисков перспективные территории занимают значительную площадь и должны быть локализованы с помощью наиболее дешевых и мобильных геохимических методов. Донное и гидрогеохимическое опробование способствует обнаружению значительных (до 100–250 км²) по размерам потоков рассеяния, но их применение недостаточно для выделения перспективных площадей. Шлиховой метод также не способствует этому из-за ограниченной возможности использования его в низменной, слабо расчлененной интенсивно заболоченной местности.

В опытных целях на площадях комплексов аномалий были апробированы литогеохимическое по вторичным ореолам рассеяния и биогеохимическое опробование. Пробы отбирались параллельно по сети 50 x 500 и 25 x 250 м. Их материалом являлись молодые побеги березы, тонкообломочные рыхлые отложения, а в случае отсутствия последних – торф.

Результаты обработки анализов литогеохимических проб показали, что, как и в илах озер и рек, тонкие фракции рыхлых отложений содержат аномальные количества рудных элементов лишь в единичных случаях. В частности, они установлены на участках выходов рудных тел Гравийского рудопроявления под маломощные (до 5 м) четвертичные и современные отложения, где содержание меди достигает 0,1%; практически отсутствуют на площадях Излучинского и Руднинского рудопроявлений (не выявлены при анализе крупной фракции более 500 проб).

В то же время для торфов аномальные концентрации меди отмечаются чаще (рис.2), составляя 2–5% от общего числа анализов, они не распространены только по берегам водотоков.

Наиболее крупные аномалии (до 10–15 км²) установлены при биогеохимическом опробовании. Практически все пробы, отобранные на площади Гравийского рудопроявления, характеризуются аномальной концентрацией меди (0,02 и более %) и практически не содержат значительных количеств этого элемента за пределами рудных тел.

Таким образом, из всего опробованного набора поисковых методов на первой стадии детализации перспективных участков наиболее эффективен биогеохимический метод. Вслед за ним благоприятные для обнаружения медных руд площади могут быть опрошены с помощью литогеохимического по вторичным ореолам рассеяния и шлихового опробования – тех методов, которые позволяют выявлять выходы рудных тел на дневную поверхность или под чехол четвертичных и современных отложений. Последние должны проверяться горными работами и бурением.

Выводы

1. Известные рудопроявления Игарского района характеризуются четко выраженными гидро- и литогеохимическими, а в случае их обнаженности – шлиховыми потоками рассеяния, которые надежно фиксируются при рекогносцировочной геохимической съемке масштаба I : 200 000.

2. Критерием поисков указанных руд является пространственная совмещенность различных видов потоков, закономерная смена механических солевыми при погружении рудных тел.

3. Сходство ряда комплексов шлиховых, литогеохимических и гидрогеохимических аномалий с выявленными потоками рассеяния известных рудопроявлений позволяет считать наиболее перспективными на обнаружение медных руд бассейны рек Черной (среднее и нижнее течение), Сухарихи (среднее течение), Желтой и Шумихи (верховья), Гремчей (среднее течение).

4. Геохимические поиски медных месторождений игарского типа должны быть многостадийными и комплексными, включать:

а) рекогносцировочную съемку масштаба I : 200 000 – гидрогеохимический, шлиховой и литогеохимический по потокам рассеяния методы;

б) поисковую съемку масштаба I : 50 000 – биогеохимическое, донное и шлиховое опробование;

в) поисковую съемку масштаба I : 25 000 – литогеохимическое, опробование по вторичным ореолам рассеяния (при наличии водотоков – шлиховое опробование).

5. Достоверность выявленных геохимических аномалий подтверждается совпадением таковых с уже известными ранее на Гравийском, Сухарихинском и Излучинском рудопроявлениях, что указывает на высокую воспроизводимость геохимических методов.

Список литературы

1. Грофман Я.Н. Тектоника меандуречья Хантайки-Курейки.-"Тр. НИИГА", т. I62, вып.2, Л., 1970, с.171-186.
2. Ревеский В.Ф., Чехович К.М. Стратиграфия докембрия Игарского района. - В кн.: Новое в стратиграфии и палеонтологии позднего докембрия восточных и северных районов Сибири. Новосибирск, 1978, с.101-113.

УДК [550.81:551.448]:553.481'43.041

А.В.ТАРАСОВ, О.В.ПЕТРОВ

МОРФОСТРУКТУРНЫЕ КРИТЕРИИ ПРОГНОЗА И ОЦЕНКИ ГЛУБОКИХ
ГОРИЗОНТОВ ФЛАНГОВ ПРОМЫШЛЕННЫХ МЕДНО-НИКЛЕВЫХ
РУДНЫХ ПОЛЕЙ

В процессе исследований структурных критериев прогноза медно-никелевых дифференцированных интрузивов и залежей богатых медно-никелевых руд на северо-западе Сибирской платформы авторами была поставлена задача посредством детального изучения современной структуры рудных полей и прилегающих к ним территорий выявить такие структуры, которые могли бы служить пометками признаком "слепых" рудоносных интрузивов. В связи с этим были апробированы существующие морфоструктурные методы, основой которых являются исследования геоморфологических и неотектонических особенностей территории. Установлено, что наиболее информативным для наших целей и для северо-запада платформы является морфометрический метод, разработанный В.П.Философовым [4, 6].

Основой указанного метода является графическое разложение рельефа на базисные, остаточные, вершинные и эрозионные поверхности согласно порядкам долин и водораздельных линий, а также обработка последующими математическими действиями этих поверхностей согласно общим правилам геометризации [1]. Наиболее точными морфометрическими картами являются карты базисных, вершинных и разностных поверхностей, остаточного рельефа и эрозионного размыва, а также гониобазит и геоморфобазит, позволяющие выявлять тектонические структуры и их движения во времени. Анализ указанных карт (эти карты как промежуточные здесь не приводятся) позволяет составить схему тектоники исследуемой территории с показом разворотовых складок, флексур и разрывных нарушений с указанием новейших движений [6].

По характерному рисунку гониогипсобазит, различия замкнутых контуров, характеру расположения останцов и гипсометрической характеристики рельефа установлено сложное блоковое строение Норильского района, представляющего собой сочетание разнопорядковых и разноориентированных морфоструктурных блоков. Последние

представляют собой сочетание положительных и отрицательных морфоструктур, ограниченных разрывными нарушениями и флексурами (рис. I, 2). В большинстве случаев морфоструктурные блоки имеют гексагональную форму с различной длиной сторон, реже форма их пяти- или четырехугольная. В пределах плато также полигональные блоки образуют структуру, напоминающую столбчатую отдельность в базальтах. Это сходство, возможно, объясняется тем фактом, что трещинно-разрывные границы морфоструктурных блоков контролировались главным образом физико-механическими свойствами пород верхнего структурного яруса — туфолововой толщи пермо-триаса. Локальные положительные и отрицательные морфоструктуры, которые "вписаны" в морфоструктурные блоки, имеют серповидную (с различный радиусом кривизны) или овальную (различной степени удлиненности) формы. Положительные морфоструктуры выражены в рельфе в виде возвышенных серповидноизогнутых денудационных поверхностей или линейно вытянутых гряд; отрицательные морфоструктуры — в виде пологих широких речных долин, озерного или заболоченного рельефа. Характерно, что отрицательные морфоструктуры располагаются со стороны вогнутой границы серповидноизогнутых положительных морфоструктур и, как правило, занимают значительно меньшую площадь, по сравнению с последними.

Морфоструктурные блоки осложнены серией мегатрецин. Зачастую мегатрециноватость распределяется радиально по отношению к центральной части положительных морфоструктур. В рельфе мегатрециноватость выражена водотоками первого и второго порядков, которые являются притоками водотоков более высокого порядка; последние приурочены, как правило, к отрицательным морфоструктурам. В пределах Хараэлахского плато выявлены три системы мегатрецин: I — субмеридиональная, II — северо-восточная (27° , 70°) и III — северо-западная (31°). Норильское плато характеризуется наиболее развитой I — субмеридиональной системой мегатрецин и сопряженных с ней систем II — СВ 22° , 45° , 75° и III — СЗ 280° , 317° . В пределах Сиверминского плато установлены три системы мегатрецин: I — субмеридиональная, II — СВ 28° , 50° , 70° и III — СЗ 290° , 330° . Наиболее интенсивно мегатрециноватость развита в пределах Норильского плато, что, вероятно, свидетельствует о его более активном тектоническом развитии в постгрависное время, по сравнению с Хараэлахским и Сиверминским плато. Как показывает анализ мегатрециноватости Норильского и Хараэлахского плато, многие системы мегатрецин для них общие.

¹ Аналогичный план построен авторами для Сиверминского плато; здесь он не приводится.

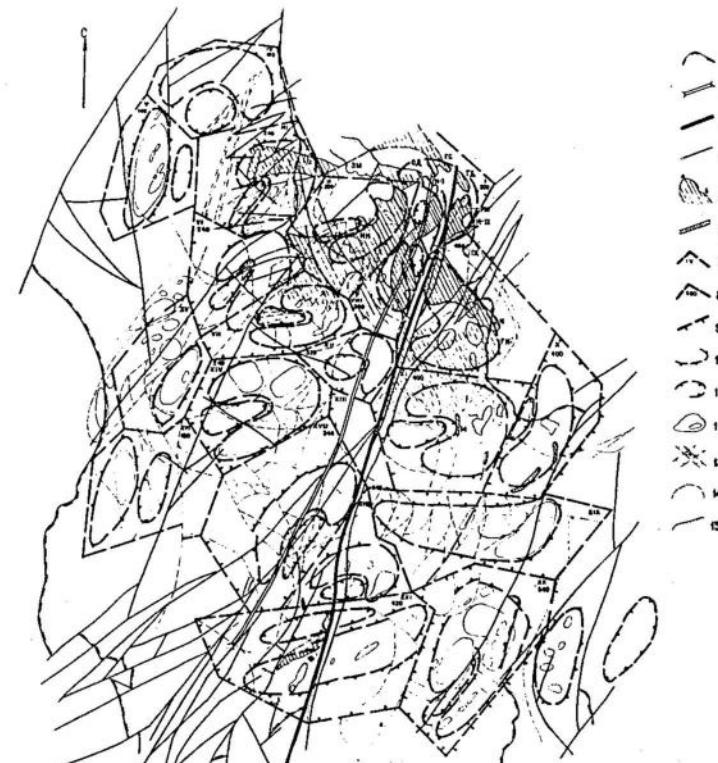


Рис. I. Морфоструктурная прогнозная карта Норильского рудного узла

I — границы Норильской трапповой мульды; 2 — ось Норильско-Хараэлахского прогиба; 3 — главный шов Норильско-Хараэлахского разлома; 4 — разрывные нарушения, установленные бурением и геологической съемкой; 5 — площади распространения дифференцированных интрузий и их ветвей: а — установленные бурением (Н-І - Норильск-І, Н-ІІ - Норильск-ІІ, Ч - г. Черной, ГК - г. Круглой, ЗМ - Зуб-Маркшейдерская, НН - Нижненорильская, ГС - Горстроевская, ОД - оз. Долгого, ГД - г. Двугорбый, РИ - руч. Медвежьего, М - Моронго); б — предполагаемые по данным геоморфологического анализа с учетом геолого-структурных критериев; 6 — дайки безоливиновых и оливиновых долеритов; 7 — морфоструктурные блоки и их номера; 8 — отметки замкнутых контуров гониогипсобазисов морфоструктурных блоков; 9 — разрывные нарушения, оконтуривающие морфоструктурные блоки; 10 — положительные морфоструктуры; 11 — отрицательные морфоструктуры; 12 — остаточные высоты внутри морфоструктурных блоков; 13 — волны мелкоамплитудных разрывов внутри морфоструктурных блоков; 14 — мегатрециноватость; 15 — эрозионные уступы.

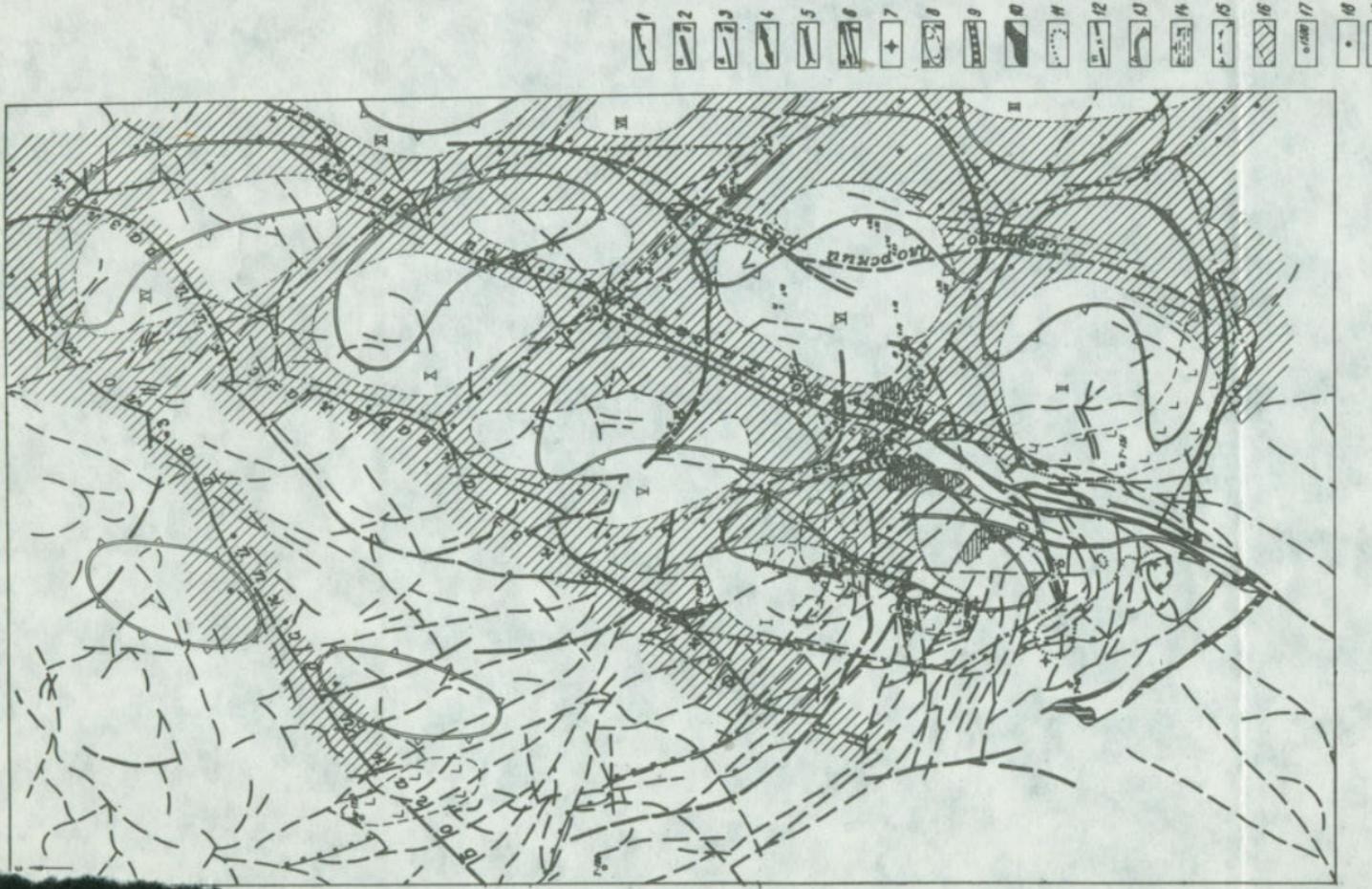
С позиций теоретической и экспериментальной механики разрушения, геометрия морфоструктурных блоков, очертания положительных и отрицательных морфоструктур в плане и ориентировка мегатреции могут рассматриваться как результат радиального распределения деформаций при формировании трапповых впадин (мульд) в постлериасовое время. Не исключено, что часть из них унаследована от более ранних дислокаций; на это указывает развитие рек и ручьев вдоль разломов дотриасового заложения.

Пространственное расположение, морфология и очертания морфоструктур обнаруживают тесную связь с расположением, конфигурацией, степенью деформированности морфоструктурных блоков и их соотношением с основными тектоническими структурными элементами Норильского, Хараэлахского и Северминского плато. Морфоструктуры по отношению к складкам налегающего структурного яруса являются денудационно-инверсионными: синклиналям соответствуют положительные денудационные морфоструктуры, антиклиналям – отрицательные. Наиболее интенсивной денудации подверглись антиклинали налегающего структурного яруса (карбон-пермы, девон), они выражены в рельфе в виде отрицательных морфоструктур. Интенсивной денудации антиклиналям способствовало радиальное распределение мегатреции в морфоструктурных блоках. Заметим, что в региональном плане отрицательным структурам (мульдам) соответствуют возвышенности (плато), а антиклиналям и вадам – широкие речные долины. То есть и в регионе в целом крупные морфоструктуры являются также денудационно-инверсионными.

Установлено, что основные магмоконтролирующие разломы северо-восточного и северо-западного простираний соответствуют границам морфоструктурных блоков, удлиненных в субмеридиональном направлении. Эти разломы являются своеобразными осями симметрии указанных морфоструктурных блоков (рис.1,2). Однако в северной части Хараэлахского плато и в южной части Норильского плато морфоструктурные блоки располагаются почти под прямым углом к главному шву Норильско-Хараэлахского разлома и рассечены последним. Вероятно, такая ориентировка морфоструктурных блоков является отражением центриклинального замкнения трапповых мульд на юге и севере Норильско-Хараэлахского прогиба. Особый интерес представляют дугообразные в плане разрывные нарушения, широко развитые в пределах Норильской и Хараэлахской мульд [2, 3]. В пределах этих структур дугообразные разрывы ориентированы одинаково – выпуклой стороной к югу. В одних случаях эти разрывы проходят по южным границам смежных морфоструктурных блоков, в других пересекают их вдоль короткой оси (аналогично региональ-

ным магмоконтролирующими разломам). В большинстве случаев эти разрывы сопряжены с главным швом Норильско-Хараэлахского разлома. Крупные дугообразные разрывы выявлены также в районе северных флангов Талнахского рудного узла. Один из таких разломов расположен в районе р. Дланги (рис.2). Этот разлом фиксируется по геоморфологическим и геодинамическим признакам. Радиус дуги разлома около 10 км. Подобные дугообразные разломы закартированы в районе р. Олор и Молкулай; реже они развиты в пределах Фокинско-Тангаралахской и Боганидской зон разломов. Характер соотношения дугообразных разломов с региональными разломами допермского заложения и с морфоструктурами указывает на их тектоническую природу. Лишь не связанную с формированием рельефа изученных областей. С часть из них унаследовалась при неотектонических движениях. С этих позиций дугообразные в плане ("сферические" – в пространстве) разломы могут играть решающую роль при реставрации геодинамики медно-никелевых рудных полей северо-запада Сибирской платформы.

Сопоставление морфоструктурных элементов в пределах Норильского, Хараэлахского и Северминского плато с пространственным распределением и морфологией рудоносных интрузивов позволило выявить определенные закономерности. Так, наибольшие мощности интрузива Норильск-1 пространственно совпадают с краевыми частями серповидноизогнутых положительных морфоструктур, уменьшение мощности и изменение простирания интрузива совмещены на планах с расположением отрицательных морфоструктур (рис.1). Аналогичное пространственное соотношение характерно для интрузивов г. Черной, Ручья Медвежьего, горы Двугорбой, озер Долгого и Горстроевского – они совпадают с положительными морфоструктурами. Восточная ветвь Талнахского интрузива, а также интрузив Норильск-2 пространственно совмещены с границами морфоструктурных блоков. Таким образом, рудоносные интрузивы пространственно совмещены с положительными морфоструктурами и с пограничными зонами морфоструктурных блоков. В пределах отрицательных морфоструктур интрузивы или имеют незначительные мощности, или отсутствуют. Эти данные показывают, что результаты исследования пространственного распределения рудоносных интрузивов и морфоструктур, выявленных морфометрическими методами, совпадают с установленной ранее магмоконтролирующей ролью разрывных нарушений и синклиналей. Однако причинно-следственные взаимосвязи между интрузивными телами и морфоструктурами "обратные": развитие положительных морфоструктур и ограниченный морфоструктурных блоков, вероятно, является отражением большей "жесткости" блоков, насыщенных интрузивами; это же создает неоднород-



границ Хареелахской трапповой мульды; 2 — главные струйные дауры; а — установление бывшему и появившемуся рудного поля.

съемкой, б - предполагаемые, в том числе по данным дифференциации аэрофотоснимков; 3 - прочие разрывные нарушения: а - установленные, б - предполагаемые; пликативные структуры: 4 - антиклинали, 5 - синклинали, 6 - то же по построению на основе геофизических данных МТЗ; 7 - инъективные дислокации (главным образом, осадочных и метаморфических первично осадочных пород); 8 - границы развития максумов (локальных раздузов) интрузий титаногипотов долеритов: а - установленные сурением, б - предполагаемые; 9 - слабодифференцированные интрузии, в том числе пологие отвердления отрудоносных интрузий; 10 - выходы Талнахского интрузива под четвертичными отложениями и на поверхности; 11 - граница Талнахского рудоносного интрузива по данным разведочных скважин; 12 - разрывные нарушения, конкурирующие с морфоструктурами пологими блоками и номера блоков; 13 - пологие морфоструктуры, положительные гравитационные аномалии, являющиеся отображением; 14 - предполагаемых интрузий, 15 - блоки, аномальной плотности отдельных стратиграфических комплексов, метаморфизма, интрузий (по предварительным данным НГГРЭ); 16 - участки предполагаемого развития рудоносного дифференцированного интрузива; 17 - разведочные скважины, пробуренные ранее и их номер; 18 - проектные скважины на наиболее перспективных участках; 19 - маршруты точек, в которых были обнаружены велуны габбро-долеритов, гранитов и др.

ности участков и отражается при проявлении гравитационной тектоники. В связи с тем, что подобные эффекты могут создавать и мощные недифференцированные интрузивные тела, при прогнозировании рудоносных интрузивов обязательно дополнительное привлечение других геологических поисковых критериев. Это недостаток морфометрического метода.

С учетом полученных данных проведена прогнозная оценка Борильского, Хараэлахского и Имангдинского медно-никелевых рудных полей. Первые два из них показаны на рис. I, 2. Исходя из изложенного выше, на прогнозных картах необязательен показ отрицательных морфоструктур, как это отображено на рис. 2.

В заключение отметим, что наряду с простотой морфометрического метода, его большой информативностью о современных структурах рудных полей и хорошей сходимостью результатов с результатами, полученными при использовании других методов и критериев прогноза, наиболее эффективно морфоструктурные критерии могут быть применены в качестве вспомогательных в комплексе структурно-магматогенных поисковых критериев. В то же время на первых этапах оценки перспектив территорий (до постановки поискового бурения) на основе только одних морфоструктурных критериев исключается до 50% площадей, не подлежащих определению, что позволяет сократить объемы бурения и повысить эффективность поисково-разведочных работ.

Список литературы

1. Рыков П.А. Геометрия недр. "Недра", 1964.
2. Тарасов А.В. Тектоно-магматические факторы контроля медно-никелевых руд в Норильском районе. - В кн.: Состояние и направление исследований по металлогенезу траппов. Красноярск, 1974.
3. Тарасов А.В. Закономерности строения и перспективы никеленосности Норильского, Талнахского и Имангдинского рудных узлов. - В кн.: Минерально-сырьевая база Красноярского края и Тувинской АССР и перспективы ее расширения в X пятилетке. Красноярск, 1976.
4. Философов В.П. Краткое руководство по морфометрическому методу поисков тектонических структур. Саратов, 1960.
5. Философов В.П. О значении порядков долин и водораздельных линий при геолого-геофизических исследованиях. Саратов, 1967.
6. Философов В.П., Яерняев Ю.В. Применение морфометрического метода для выявления разрывных нарушений и блоковой тектоники в складчатых областях. - В кн.: Морфометрический метод при геологических исследованиях. Саратов, 1963.

УДК 550.81: [552.322.91:553.481'43] (551.II-I4)

Т.К.ИВАНОВА

МОРФОГЕНЕТИЧЕСКИЕ ОСОБЕННОСТИ ЮНЫХ ВЕТВЕЙ РУДОНОСНЫХ ДИФФЕРЕНЦИРОВАННЫХ ИНТРУЗИЙ НОРИЛЬСКОГО УЗЛА

История изучения Норильского месторождения с момента его открытия Н.Н.Урванцевым насчитывает десятки лет и не менее сотни фамилий. Вместе с тем по мере разработки и дальнейшей разведки месторождения появляются все новые материалы, позволяющие углубить наши знания об условиях и механизме формирования рудоносных дифференцированных интрузий и связанных с ними залежей руд.

Так, еще в 50-60-х годах Г.Д.Маслов был твердо убежден, что промышленно-рудоносные интрузии Норильского типа не могут быть встречены стратиграфически выше "продуктивного" горизонта внедрения, которым считались верхние слои тунгусской серии под туфо-лавовой толщей.

Теперь же становится очевидным, что литологического контроля промышленно-рудоносных интрузий Норильского типа, по-видимому, не существует, как справедливо отметили М.Н.Годлевский, А.П.Лихачев, В.К.Степанов и др. [5].

В 70-х годах была вскрыта юго-восточная ветвь интрузии Норильск I, целиком залегающая в лавах ергалахской-надеждинской свит верхней перми - раннего триаса, ранее предполагавшаяся здесь М.К.Ивановым на глубинах 800-1000 м [6].

Автором была построена каркасная диаграмма рассматриваемого интрузивного тела (рис. I) и приблизительно определены контуры развития его на глубине (рис. 2).

Морфология и внутреннее строение юго-восточной ветви

Интрузия представляет собой линзообразное тело, залегающее в восточном борту Норильской мульды и простирающееся в северо-западном направлении. Она имеет утолщенную "килевую" зону и по-

степенно выплывающиеся борта, причем северо-восточный борт возвышается, а юго-западный слегка погружается к центру Норильской мульды. Интрузия занимает пологосекущее положение по отношению к вмещающей ее туфо-лавовой толще и производит впечатление "вставленной", являясь почти классическим примером выполнения магмой одной из сферических сколовых трещин, формирующихся в бортах мульды при просадках в ее центральной части. Формирование подобных полостей без заметного нарушения в залегания вмещающих пород отвечает механизму платформенного сдвига [1], впервые привлеченного для объяснения "вставленности" промысленно-рудоносных интрузий Норильского района И.К.Ивановым и Т.К.Ивановой [7], а затем А.В.Тарасовым [12]. Сочленение рассматриваемой юго-восточной ветви (I на рис.2) с юго-западной ветвью интрузии Норильск I, залегающей в северо-западном борту Норильской мульды и простирающейся почти перпендикулярно первой (II на рис.2), осуществляется в районе разлома р.Болотной (Теплой) северо-восточного простирания, параллельного простиранию интрузии Норильск II (III на рис.2).

На северо-западе юго-восточная интрузивная ветвь имеет мощность до 230 м. Подстилают ее в калиевой зоне туфи ергалакской свиты верхней перми с силлом титан-авгитовых трахиодолеритов, а перекрывают толеитовые и порфировые базальты сибиринской свиты. По мере продвижения к юго-востоку по простиранию калиевой зоны интрузия сначала уменьшает мощность до 80 м, а затем увеличивает ее до 300 м (рис.3а), причем подошва ее сечет толеитовые базальты туклонской и надеждинской свит, то есть интрузия постепенно перемещается в более высокие стратиграфические горизонты. Северо-восточный борт интрузии, возвышаясь и постепенно уменьшая мощность до полного выплыивания, сечет последовательно породы сибиринской, хаканскаяской, туклонской и надеждинской свит (рис.1).

В разрезе рассматриваемая интрузия имеет следующее строение (сверху вниз):

1. Под маломощным (0,5-2 м) горизонтом мелковзернистых контактовых габбро-долеритов чаще всего залегают "верхние" такситовые габбро-долериты.

2. Кварцевые и кварцсодержащие габбро-долериты и долерит-пегматиты, отсутствующие в разрезе интрузии лишь по ее юго-западному максимально опущенному борту.

3. Безодиамитовые и оливинсодержащие (до 5%) габбро-долериты, также отсутствующие в разрезе вдоль юго-западного борта интрузии.

4. Оливиновые габбро-долериты.

5. Пикритовые габбро-долериты, развитые не повсеместно.

6. Такситовые и контактовые габбро-долериты.

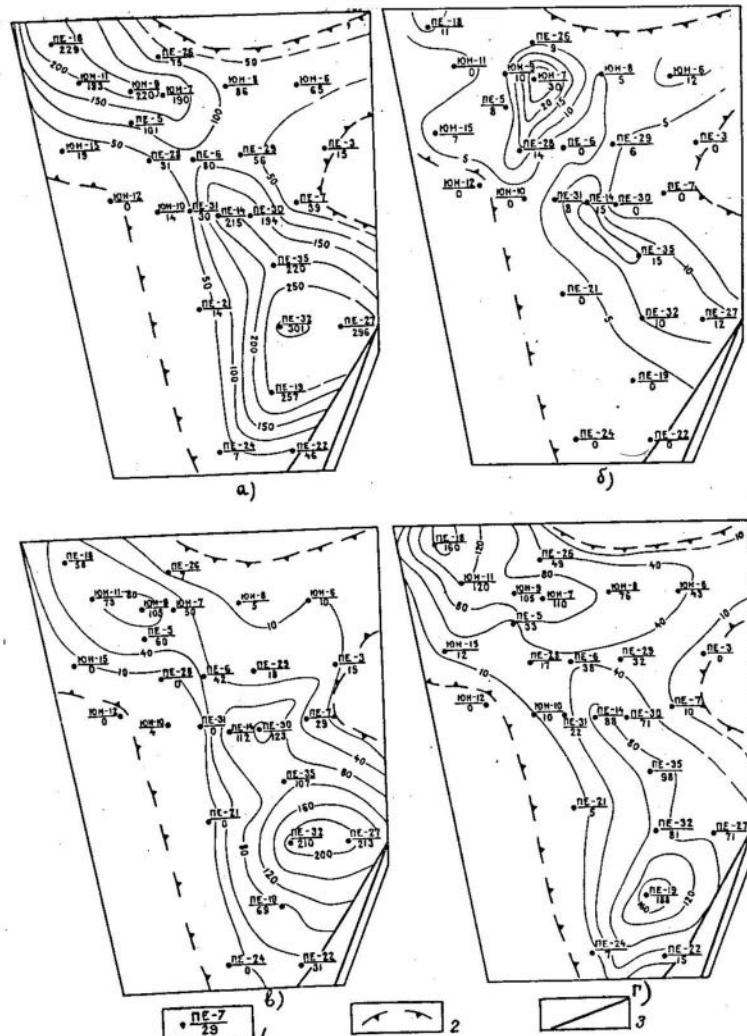


Рис. 3. Планы распределения (в изолиниях) мощностей: а — юго-восточной ветви интрузии Норильск I в целом, б — ее "верхнегорячего" такситового горизонта, в — "кислых" дифференциатов верхней половины интрузии, г — "основных" дифференциатов нижней половины интрузии.

Условные обозначения: 1 — скважины (в числите номера скважин, в знаменателе мощность горизонта). 2 — контуры распространения интрузивного тела. 3 — разрывные нарушения.

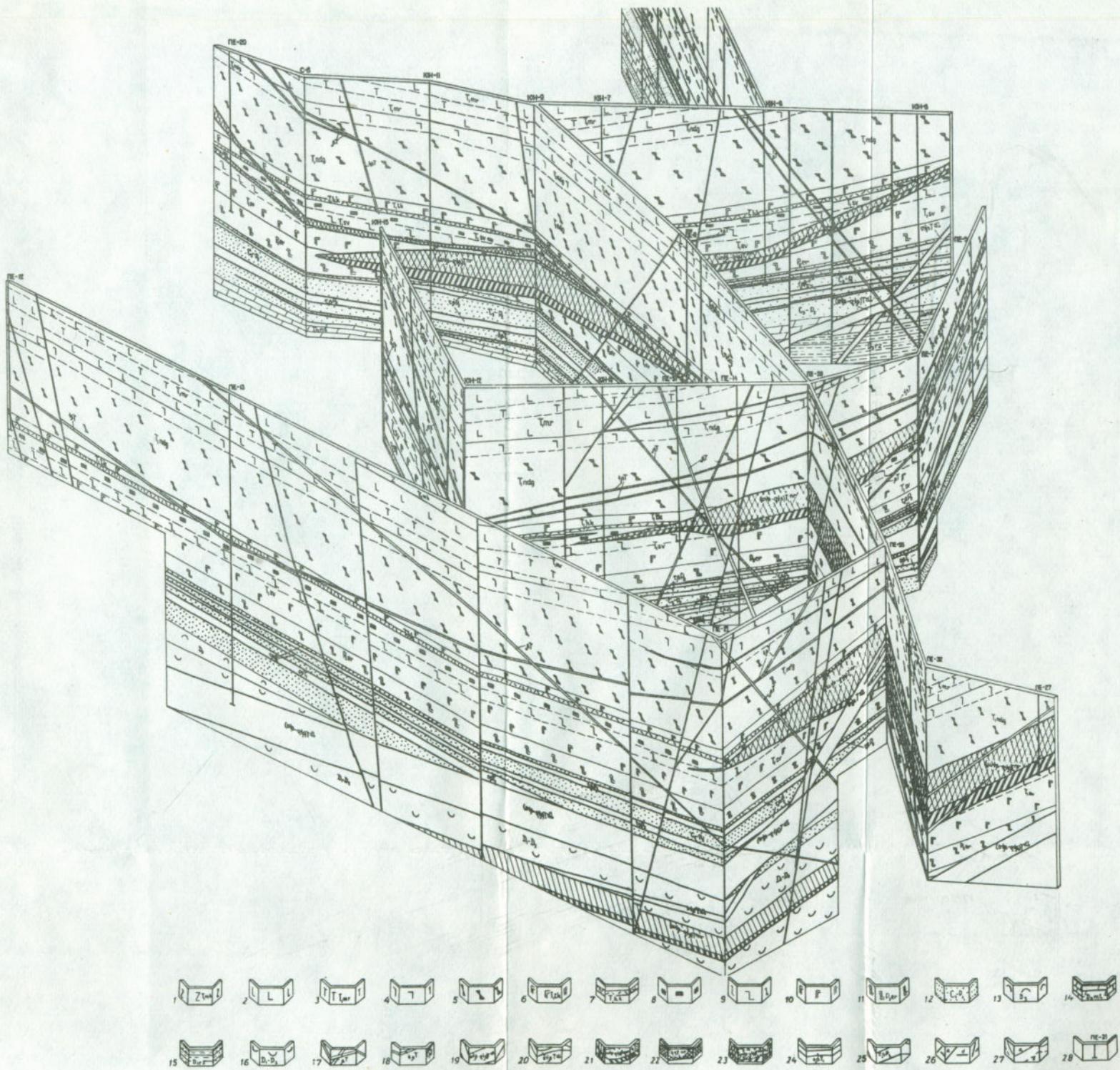


Рис. I. Каркасная диаграмма юго-восточной ветви интрузии Чарльз-Т.

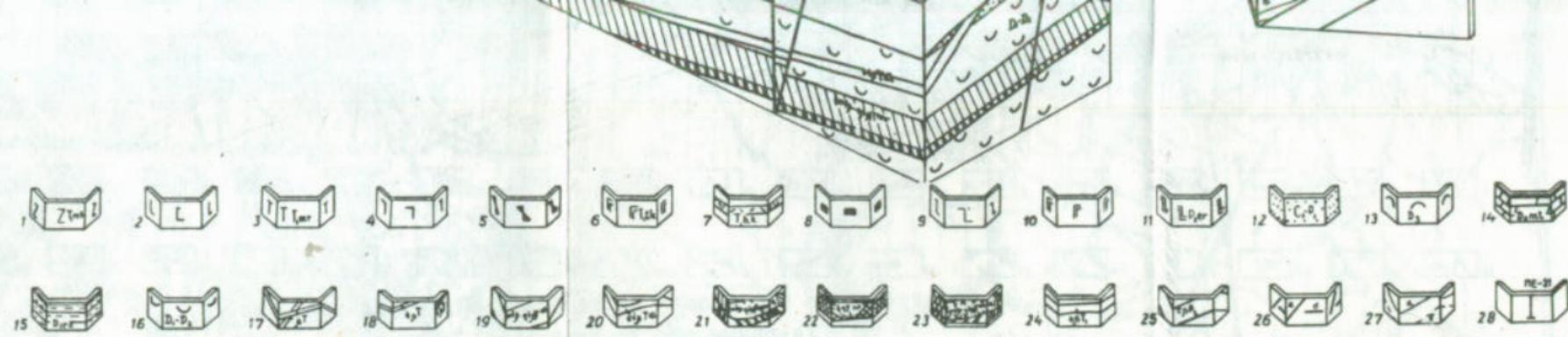


Рис. I. Каркасная диаграмма юго-восточной ветви интрузии
Норильск-І

Триасовая система: I - мокулаевская свита, порфировые базальты; моронговская свита: 2 - базальты, 3 - туфы; надеждинская свита: 4 - глымеропорфировые базальты, 5 - порфировые базальты; 6 - туклонская свита, толеитовые базальты; 7 - хаканчанская свита, туфы; сыверминская свита: 8 - пикритовые базальты, 9 - порфировые базальты, 10 - толеитовые базальты. Пермская и карбоновая системы: II - сргалахская свита, двуплагиоклазовые и лабрадоровые трахиандезито-базальты, титан-авгитовые трахидолериты; 12 - лагунно-континентальные породы тунгусской серии. Девонская система: 13 - верхний отдел, известняки, доломиты, известковые брекчии; средний отдел: 14 - мантуринская свита, доломиты, мергели, ангидриты; 15 - разведочинская свита, аргиллиты; 16 - нижний-средний отделы нерасчлененные: доломиты, мергели, аргиллиты, ангидриты, известняки. Триасовый магматический комплекс: 17 - дайки микродолеритов и микропойкилофитовых порфировидных долеритов; 18 - круто- и пологосекущие интрузии мелкозернистых, часто порфировидных габбро-долеритов; интрузии далдыканского типа: 19 - слабодифференцированные биотитсодержащие интрузии от оливиновых габбро-долеритов до кварцевых габбро-долеритов; 20 - круто- и пологосекущие интрузии биотитовых оливиновых пойкилофитовых долеритов с редкими шлифами кварцсодержащих долеритов; рудоносные дифференцированные интрузии: 21 - дифференцированные от пикритовых до кварцевых габбро-долеритов рудоносные интрузии нижненорильского типа: а) безрудные дифференциаты, б) рудоносные дифференциаты; 22 - слабодифференцированные фланговые части рудоносных тел норильского типа; 23 - дифференцированные от пикритовых до кварцевых габбро-долеритов кильевые участки рудоносных интрузий норильского типа: а) безрудные дифференциаты, б) рудоносные дифференциаты; 24 - недифференцированные пластовые интрузии оливинсодержащих пойкилофитовых долеритов. Пермский магматический комплекс: 25 - интрузии титан-авгитовых трахидолеритов; 26 - тектонические нарушения: а) кругосекущие и вертикальные, б) пологосекущие и согласные; 27 - геологические границы: а) сбит, б) маркирующих пачек; 28 - буровые скважины.

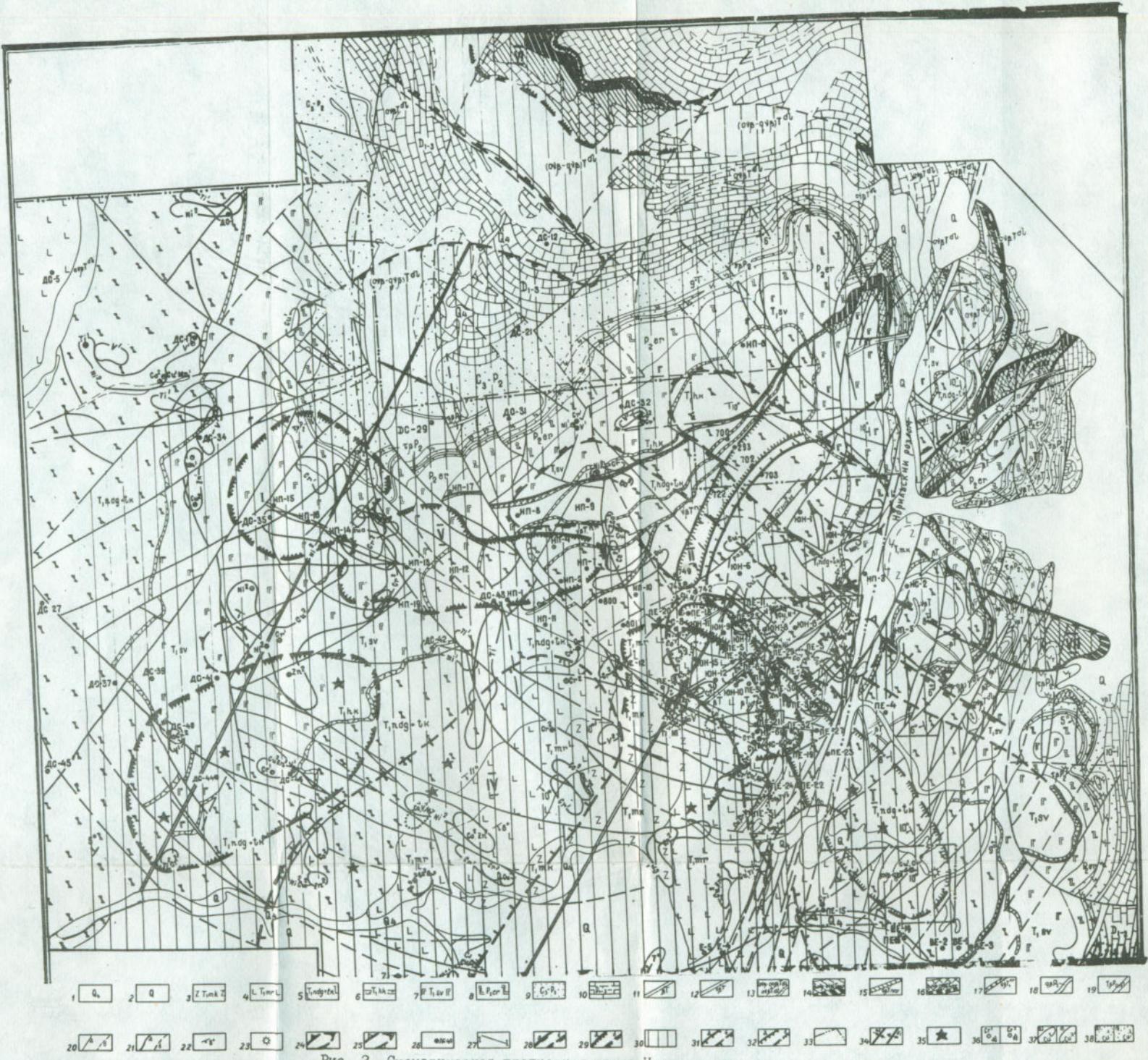


Рис. 2. Схематическая прогнозная карта Норильского рудного узла
Условные обозначения:

Четвертичные отложения: 1 - современные аллювиальные; 2 - нерасчлененные. Триасовая система, нижний отдел: 3 - мокулаевская свита, пла-
гиофиевые базальты; 4 - моронговская свита, афировые базальты, туфы; 5 - надеждинская и туклонская свиты, порфировые и толеитовые базальты; 6 - хаканчанская свита, туфы; 7 - свердловинская свита, пирократовые, пикритовые и толеитовые базальты. Пермская и карбонатная системы: 8 - сп-
6

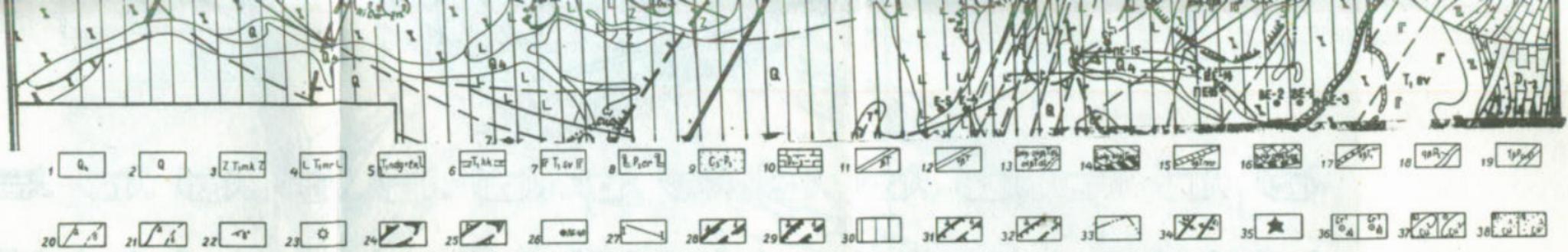


Рис. 2. Схематическая прогнозная карта Норильского рудного узла

Условные обозначения:

Четвертичные отложения: I - современные аллювиальные; 2 - нерасчлененные. Триасовая система, нижний отдел: 3 - мокулаевская свита, пла-
гиофировые базальты; 4 - моронговская свита, афировые базальты, туфы; 5 - надеждинская и туклонская свиты, порфировые и толеитовые базальты; 6 - хаканчанская свита, туфы; 7 - сиверминская свита, порфировые, пикритовые и толеитовые базальты. Пермская и карбоновая системы: 8 - ер-
литы, угли. Девонская система, морские и прибрежно-морские отложения - известняки, доломиты, мергели, ангидриты, аргилл-
магматический комплекс: II - дайки микродолеритов; I2 - круто- и полого-
секущие недифференцированные и слабодифференцированные от оливиновых до безоливиновых габбро-долеритов со шлирами долерит-пегматитов интрузии
далдыканского типа; I4 - дифференцированные от пикритовых до кварцевых габбро-долеритов слабодорудоносные интрузии нижненорильского типа: У -
собственно нижненорильская интрузия, УI - интрузия горы Зуб; УП - интрузия горы Черной; I5 - слабодифференцированные части интрузий нижненори-
льского типа; I6 - дифференцированные от пикритовых до кварцевых габбро-долеритов рудоносные интрузии Норильского типа: I - юго-восточная ветвь
интрузии Норильск I, II - юго-западная ветвь интрузии Норильск I, III - интрузия Норильск II, IV - предполагаемая ветвь в западном борту Нориль-
ской мульды; I7 - слабодифференцированные фланговые части рудоносных интрузий Норильского типа. Пермский магматический комплекс: I8 - субкислые
и интрузивные образования: а/ установленные, б/ предполагаемые; 21 - тектонические нарушения: а/ установленные, б/ предполагаемые; 22 - эле-
менты залегания пород; 23 - трубы взрыва и мелкие вулканические аппараты; 24 - жерла вулканов ергалахского времени; 25 - вулканические жер-
ла моронговского времени; 26 - буровые скважины; 27 - линия геологического разреза; 28 - контуры областей развития дифференцированных слабо-
рудоносных интрузий нижненорильского типа на поверхности и глубине: а/ установленные, б/ предполагаемые; 29 - контуры областей максимальной
мощности интрузий нижненорильского типа: а/ установленные, б/ предполагаемые; 30 - предполагаемое поле развития интрузий нижненорильского
типа на глубине; 31 - контуры областей развития дифференцированных рудоносных интрузий Норильского типа на поверхности и глубине: а/ установ-
ленные, б/ предполагаемые; 32 - контуры областей максимальной мощности интрузий Норильского типа: а/ установленные, б/ предполагаемые; 33 -
контуры площади, покрытой геолого-геохимической съемкой; 34 - оси пликативных структур: а/ отрицательных, б/ положительных; 35 - скважины, ре-
комендующиеся к бурению. Геохимические аномалии: 36 - Точечные положительные: а/ первого порядка ($x+26$), б/ второго порядка ($x+36$); 37 -
площадные положительные: а/ первого порядка, б/ второго и более высокого порядков; 38 - площадные отрицательные: а/ первого порядка ($x-26$)
б/ второго порядка ($x-36$).

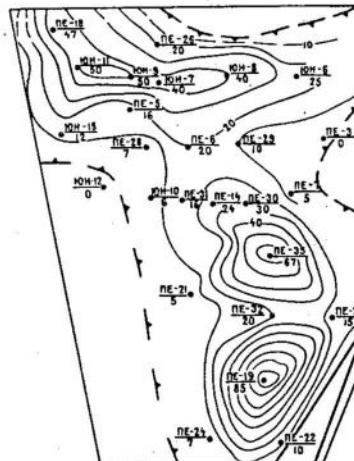
Характер распределения мощностей "верхних" такситовых габбро-долеритов, "кислых" дифференциатов (то есть кварцевых, кварцодержащих, безоливиновых и оливинсодержащих габбро-долеритов), "основных" дифференциатов (оливиновых, пикритовых и "нижних" такситовых габбро-долеритов), всех вместе и каждого порознь, в разведанной части интрузии изображен на рисунках 3б, Зв, Зг, 4а, 4б и 4в.

"Верхние" такситовые габбро-долериты развиты преимущественно вдоль килемой зоны интрузии, причем максимальная их мощность отмечена в северо-западной ее части (рис.3б).

Максимальные мощности "кислых" дифференциатов также наблюдаются вдоль килемой зоны, причем идет закономерное увеличение доли "кислых" дифференциатов в общей мощности интрузии в направлении с северо-запада (50%) на юго-восток (до 65-70%). Максимальные мощности "основных" дифференциатов хоть и тяготеют также к килемой зоне интрузии, оказываются несколько смещеными к юго-западному (опущенному) ее борту, по сравнению с таковыми "кислых" дифференциатов (рис.Зв и Зг). Планы распределения мощностей оливиновых и такситовых габбро-долеритов чрезвычайно близки друг другу (рис.4а и 4в). Пикритовые же габбро-долериты, как уже было отмечено выше, не пользуются повсеместным развитием в теле интрузии, образуя небольшие максимумы мощностей вдоль ее килемой зоны, главный из которых находится в крайней северо-западной части интрузивной ветви (рис.4б).

Строение и состав рудоносного горизонта

Главный рудоносный горизонт (незначительная сульфидная вкрапленность встречается среди "верхних" такситов и местами в "кислых" дифференциатах) объединяет пикритовые и такситовые габбро-долериты, залегающие в придонной части интрузии. В общих чертах этот горизонт меняет свою мощность соответственно изменению мощности интрузии в целом (рис.4г). Однако максимальная мощность его отмечена в килемой зоне на крайнем северо-западе интрузивного тела, в то время как максимальная мощность самой интрузии зафиксирована в юго-восточной разведанной ее части. Только на северо-западе встречаются жильные (мощностью в 25-70 см), а также прожилково-вкрапленные руды в подстилающих интрузию породах. В направлении от килемой зоны интрузии к ее бортам жильные руды исчезают, а мощность рудоносного горизонта в интрузии сокращается вплоть до полного выклинивания.



Больные руды¹ имеют преимущественно пирротиновый состав (50–70% пирротина). Пентландит в них составляет 12–15%. Прокианово-вкрапленные руды во вмещающих породах характеризуются халькопиритом (до 40%) – пирит – пирротиновым составом. Среди вкрапленных руд различаются интерстициональные (преимущественно в пикритовых и контактовых габбро-долеритах) и крупновкрапленные (в тектитовом горизонте). Первые имеют в основном пентландит-пирротин-халькопиритовый состав. В северо-западной части рудного горизонта они содержат ≈15% пентландита. По мере продвижения к юго-востоку количество пентландита в этих рудах снижается до 10%. Крупновкрапленные руды на северо-западе имеют пентландит-халькопирит-пирротиновый состав с содержанием пентландита до 30%. На юго-востоке разведанной части интрузии крупновкрапленные руды содержат две разновидности – пентландит-халькопирит-пирротиновую и пентландит-пирротин-халькопиритовую. Общее содержание в них пентландита снижается до 20–25%.

В юго-восточной же, разведенной части интрузии отмечается обогащение рудными минералами, главным образом халькопиритом, обычно безрудных верхних "кислых" дифференциатов. Задокументированы три зоны заражения последних сульфидной вкрапленностью, расположение в 40 м, 105 м и 160 м от верхнего контакта интрузии, мощность их соответственно 35, 15 и 30 метров.

Таким образом, в направлении с северо-запада на юго-восток постепенно изменяется качество руд. Исчезают жильные и прокианово-вкрапленные руды во вмещающих породах, несколько меняется состав вкрапленных руд в главном рудоносном горизонте интрузии, в которых уменьшается количество никельсодержащих минералов, но возрастает процентное содержание халькопирита; и в конец, появляются мелковкрапленные существенно халькопиритовые сульфидные руды в обычно безрудных верхних дифференциатах интрузии.

Петрохимия и геохимия интрузии

Для изучения особенностей химизма пород юго-восточной ветви интрузии Норильск I и выявления закономерностей распределения в ней микроэлементов было произведено 89 спектрально-силикатных и 150 количественных спектральных анализов на 10 элементов. Достоверность спектрально-силикатных анализов проверялась путем сопоставления их с химическими силикатными анализа-

¹ Расщепление и краткое описание руд произведено М.З. Комаровой. (НИИ "Гипроникель").

ми, сделанными для I5 из выбранных образцов.¹

По каждой скважине был определен средневзвешенный состав интрузии в заданной части тела и средний состав пикритовых габбро-долеритов.

По результатам построены диаграммы изменения общего состава и состава пикритовых габбро-долеритов в различных частях интрузива (рис.5, 6). Из диаграмм видно, что кремнекислотность расплава в целом и пикритовой его составляющей в частности возрастала в направлении с северо-запада на юго-восток и от юго-западного борта интрузивной камеры к северо-восточному. Магнезиальность же того и другой в тех же направлениях падала, а отношение кремнекислоты к магнезию в них соответственно росло.

Отмеченная закономерность в распределении содержаний важнейших породообразующих окислов в интрузии отлично согласуется с характером распределения мощностей "кислых" и "основных" дифференциатов в ней. Средневзвешенное суммарное содержание железа в различных частях интрузии меняется менее закономерно, хотя как будто бы наблюдается не очень четко выраженная тенденция к его увеличению в юго-восточном направлении, то есть в сторону возрастания кремнекислотности расплава (рис.5). Известь ведет себя противоположно суммарному железу. Средневзвешенное содержание глинозема меняется незначительно, обнаруживая слабо выраженную тенденцию к возрастанию к юго-западному (опущенному) борту.

Шелочки в средневзвешенном составе ведут себя в плане противоположно друг другу.

В пикритовом горизонте интрузии (рис.6) наблюдается явное увеличение содержаний суммарного железа к северо-восточному ("восстающему") борту. Известь и здесь ведет себя противоположно железу, а глинозем обнаруживает тесную связь с известьем, концентрируясь, как и последняя, вдоль юго-западного борта интрузии.

Шелочки как в пикритовом, так и в тектитовом горизонтах ведут себя одинаково, однако в пикритовом слое как Na_2O , так и K_2O концентрируются в основном в килевой зоне, а в тектитовом горизонте и тот и другой тяготеют к северо-восточному борту.

Средние содержания кремнекислоты и магнезии в прочих дифференциатах рассматриваемой интрузии также закономерно изменяются с северо-запада на юго-восток по килевой зоне и от опущенного ее борта к вздымающемуся. Количество кремнекислоты в заданных направлениях увеличивается, а магнезии падает (см.табл.I).

¹ Анализы производились в спектральной и химической лабораториях ИИИГА НПО "Севморгео".

Таблица I

Средние содержания окислов кремния и магния в дифференциатах юго-восточной ветви интрузии Норильск-I

Горизонт интрузии	SiO ₂				MgO			
	ЮН-7	ПК-6	ПЕ-35	ПЕ-32	С3 → IVB	ЮН-7	ПК-6	ПК-35
Кварцевые и без-оливиновые габбро-долериты	46,0	48,0	48,5	49,25	50,3	8	5,9	4,96
Оливинодорожные и оливиновые габбро-долериты	45,5	48,0	47,5	48,0	50,0	8,9	6,3	8,2
Рудоносные так-ситовые габбро-долериты	42,2	48,0	48,25	44,6	48,4	17,4	12,8	10,0
						II	10,2	

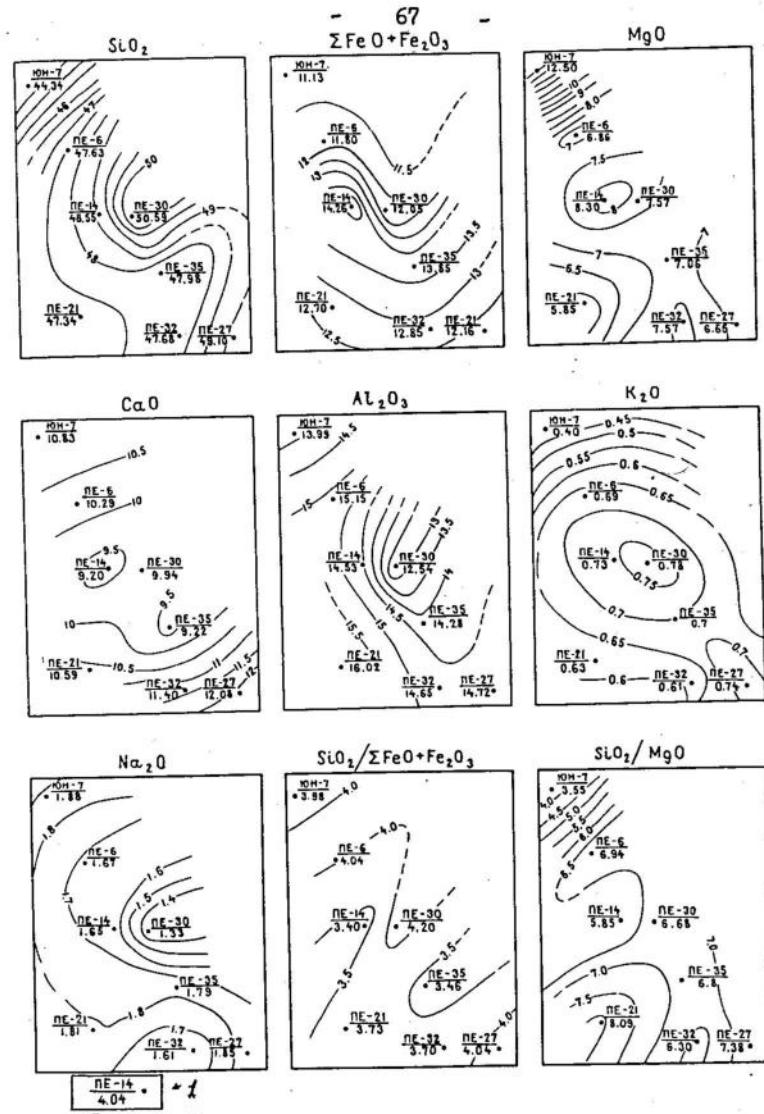


Рис. 5. Карты изолиний средневзвешенных содержаний петрогенных компонентов (вес.%) и важнейших их отношений в юго-восточной ветви интрузии Норильск-I.

Условные обозначения: I – скважины (в числителе номер скважины, в знаменателе среднее содержание компонентов).

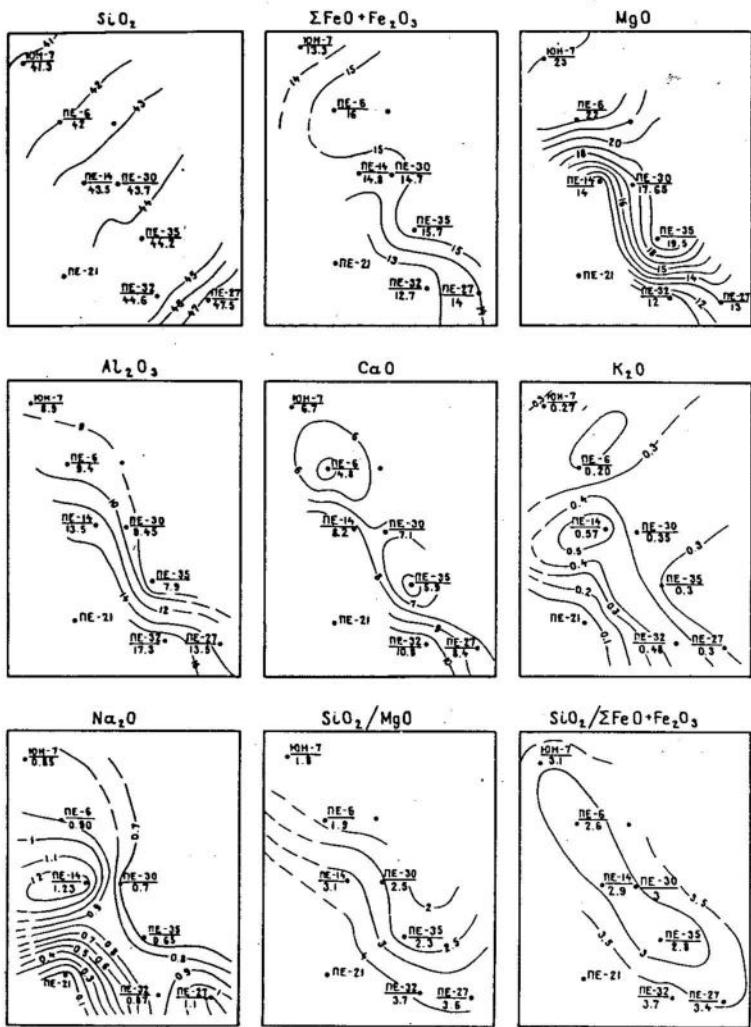


Рис. 6. Карты изолиний средних содержаний петрогенных компонентов (вес.%) и важнейших их отношений в пикритовом горизонте юго-восточной ветви интрузии Норильск I.

Условные обозначения те же, что и на рис. 5.

Из диаграмм, отражающих поведение важнейших рудообразующих элементов в теле интрузии, построенных как по средневзвешенным их значениям (рис.7), так и по средним содержаниям (рис.8) в рудоносном горизонте (объединяющем пикритовые и тахситовые габбро-долериты), видно, что содержания меди, никеля и кобальта в целом меняются почти прямо пропорционально изменению мощностей интрузии и рудоносного слоя.

Распределение средневзвешенных значений меди и никеля не идентично (рис.7). Если интрузия в целом максимально обогащена медью в юго-восточной части тела, то никелем – в северной, причем максимум содержаний никеля несколько сдвинут к ее восточному борту. Распределение средневзвешенных значений кобальта сходно с таковым никеля. Максимальные средневзвешенные содержания хрома фиксируются в северо-западной части интрузии, а ванадия – вдоль ее северо-восточного борта. В рудоносном горизонте (рис.8) и медь, и никель ведут себя сходно, образуя два главных максимума в северной и юго-восточной частях интрузива, причем максимальные содержания обоих элементов зафиксированы в юго-восточной части тела. Однако максимум меди здесь гораздо больше по своей интенсивности, чем максимум никеля, в то время как на севере максимумы меди и никеля более или менее равнозначны. Распределение хрома в рудоносном слое в общих чертах сходно с распределением меди.

Максимумы средних содержаний кобальта фиксируются только в северной части интрузии. Ванадий в рудоносном горизонте ведет себя подобно кобальту.

Подводя итог всему вышесказанному, можно сделать следующие выводы:

1. Наблюдается четкое и закономерное изменение общего состава интрузии по простиранию и вкрест простирания (меняется состав всех дифференциатов), что свидетельствует в пользу неоднородности расплава, расслоения последнего еще в докристаллизационный период под контролем гравитации.

2. Характер распределения мощностей отдельных дифференциатов и особенности изменения состава пикритовых габбро-долеритов говорят о ведущей роли внутрикамерной дифференциации под контролем гравитации при становлении интрузии:

а) наблюдается смещение максимальных мощностей "кислых" дифференциатов к более поднятыму северо-восточному борту линзовидного тела, а "основных", наоборот, к опущенному юго-западному;

¹ Кильные руды на контакте интрузии с подстилающими ее вулканогенными образованиями и прожилково-вкрашенные во вмещающих породах при построении диаграммы не учитывались.

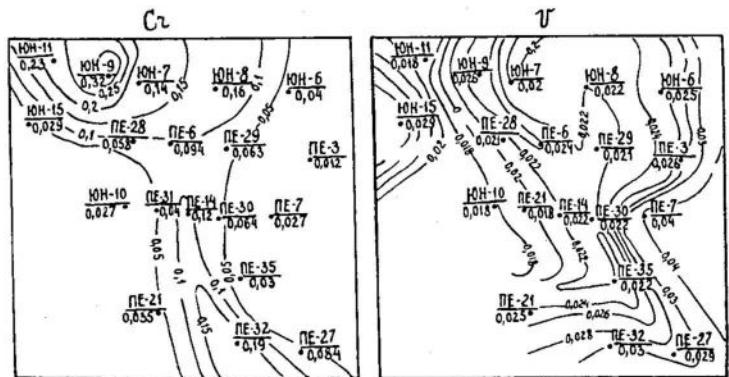
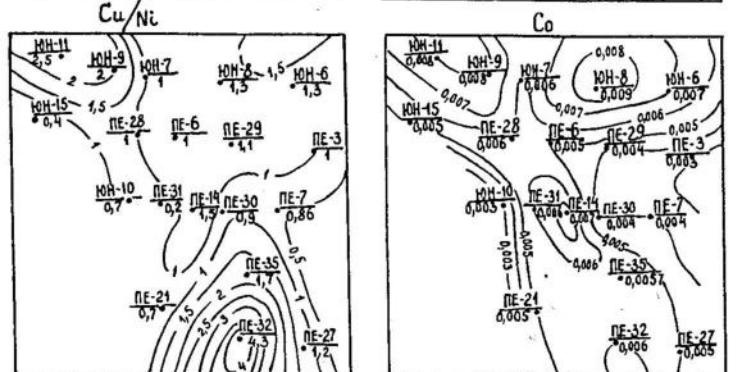
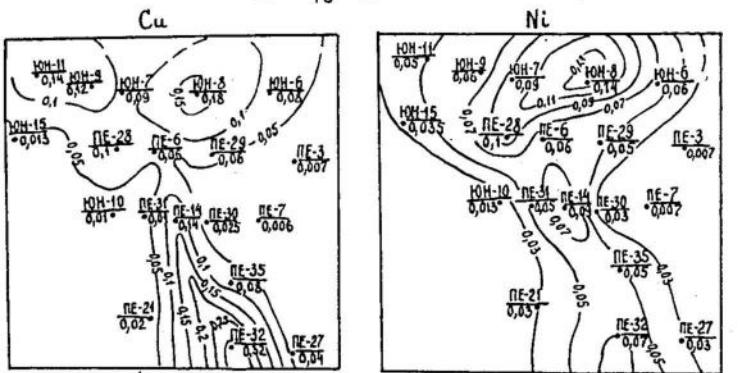


Рис. 7. Карты изодиний средневзвешенных содержаний микроЗементов (вес.%) и важнейших их отношений в юго-восточной ветви интрузии Норильск I.

Условные обозначения те же, что и на рис. 5.

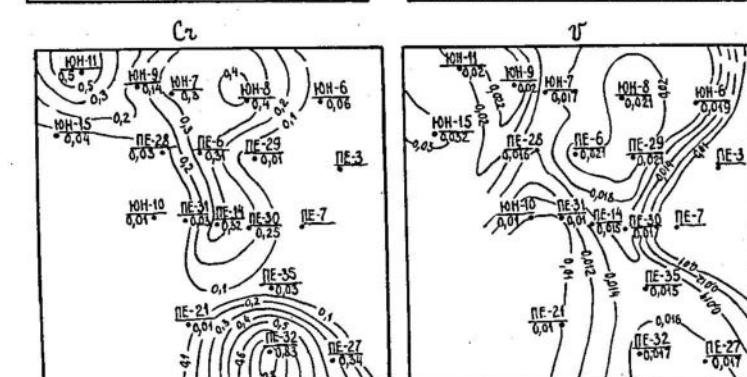
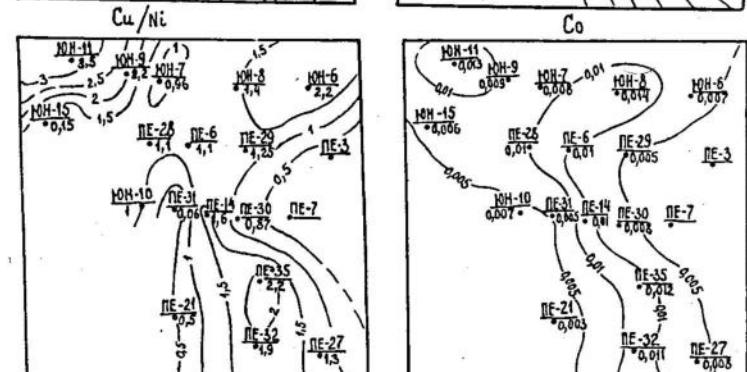
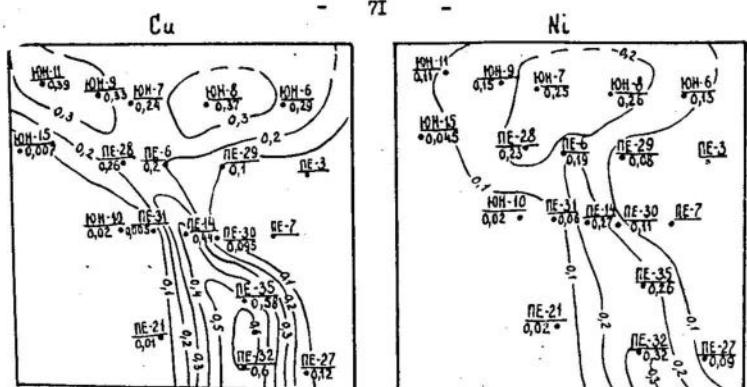


Рис. 8. Карты изолиний средних содержаний микроэлементов (вес.%) и важнейших их отношений в рудоносном слое юго-восточной ветви интрузии Норильск I

Условные обозначения те же, что и на рис.5.

б) горизонты оливиновых и рудоносных тектитовых габбро-дolerитов, близких между собой по валовому петрохимическому составу, имеют совершенно идентичный план развития;

в) состав пиритового горизонта интрузии меняется в плане в прямой связи с изменением общего состава интрузии (раскисляется по мере раскисления общего состава расплава).

Кристаллизационной дифференциации предшествовало ликвационное расслоение силикатной части расплава. Подобный вывод хорошо согласуется с точкой зрения А.А.Маракушева [II], распространившего его на все расслоенные интрузии гипербазитового и базитового состава.

3. Намечается не очень четкая, но все же вполне ощутимая зависимость качества оруденения от состава силикатного расплава (обогащение медьсодержащими и обеднение никельсодержащими минералами руд при повышении кремниекислотности расплава). Такая зависимость говорит о тесной генетической связи руд с силикатным расплавом и свидетельствует в пользу ликвационного генезиса большей части руд норильских месторождений, подтверждая взгляды Н.Н.Урванцева [I3, I4], М.Н.Годлевского [3, 4], А.Т.Лихачева [9, 10] и др.

4. Наблюдаемая значительная изменчивость петро- и геохимического состава промышленно-рудоносных интрузий по простиранию и от килевой зоны к флагам заставляет очень осторожно относиться к существующим петро- и геохимическим критериям оценки степени рудоносности слабо разведанных потенциально рудоносных расслоенных интрузий базит-гипербазитового состава в Северо-Сибирском регионе. Эти критерии нуждаются в доработке и прежде всего в обязательном учете особенностей петро-геохимического состава далеких флангов рудоносных тел.

Наблюдаемые взаимоотношения юго-западной и юго-восточной ветвей месторождения Норильск I (рис.2), строение и характер изменения состава юго-восточной ветви позволяют предположить, что проникновение расплава в современные интрузивные камеры осуществлялось где-то в районе пересечения оси Норильской мульды разломом р.Болотной северо-восточного простирания. Юго-западная и юго-восточная ветви интрузии располагаются вокруг этого предполагаемого центра как лопасти винта. Интрузия Норильск II, расположенная на продолжении разлома р.Болотной, несколько смещенной в плане Норильским разломом (в его поверхностном выражении), также вписывается в рассматриваемую единую винтовую постройку, центр которой на поверхности выражен спиральной структурой р.Болотной, выявленной М.К.Ивановым [8], а на глубине

несколько смещен к западу.

Наряду с юго-восточной ветвью интрузии Норильск I была изучена и так называемая Нижненорильская интрузия (У на рис.2). Эта интрузия, к сожалению, разведана еще недостаточно для того, чтобы сделать однозначные выводы о ее форме и характере взаимоотношения с интрузией Норильск I, но, тем не менее, существующие данные позволяют предполагать, что камера этой интрузии формировалась в существенно иной тектонической обстановке, и что рассматриваемая интрузия, по всей вероятности, моложе интрузии Норильск I.

Нижненорильская интрузия, как видно из рис.9, выполняет трещину, в целом пологую секущую складчатую структуру вмещающих пород и вместе с тем следующую этой структуре. Кроме того, она компланарна Далдиканской интрузии, одна из ветвей которой сечет юго-восточную ветвь интрузии Норильск I (рис.1).

На основании приведенных данных можно предполагать, что Нижненорильская интрузия, как и Далдиканская, формировалась в условиях бокового сжатия, подобного тому, которое привело к формированию складчатой структуры северо-северо-восточного простирания, в то время как ветви интрузии Норильск I формировались в результате просадок в процессе становления Норильской мульды, вызванных, очевидно, опустошением глубинного или промежуточного очагов. Таким образом, подтверждается этапность становления рудоносных дифференцированных интрузий Норильского рудного узла.

При рассмотренном выше механизме формирования камер рудоносных интрузий нижненорильского типа следует ожидать развития таких интрузий на больших площадях, а максимумы мощностей их следует предполагать в замковых частях складок. Кроме того, при такой сложной форме интрузивной камеры трудно ожидать выдержанности петро- и геохимического состава в различных частях интрузии, поскольку петро- и геохимический состав, как показали проведенные исследования, характеризуется значительной изменчивостью даже в таких относительно простых по форме телах, как юго-восточная ветвь интрузии Норильск I.

Исходя из этих соображений, а также из геометрических построений, интрузия г.Зуб (У на рис.2), а также промышленно-рудоносная интрузия г.Черной (УП на рис.2) могут рассматриваться как составные части нижненорильской интрузии, несмотря на имеющиеся различия в петрохимическом и геохимическом составе. Подобная точка зрения была высказана Т.Г.Говердовской в 1971 г. при описании Пинисско-Вологочанской дифференцированной интрузии [2]. Котати, различия в общем петрохимическом составе и составе

Таблица 2

Средние химические составы дифференциатов Нижненорильской интрузии

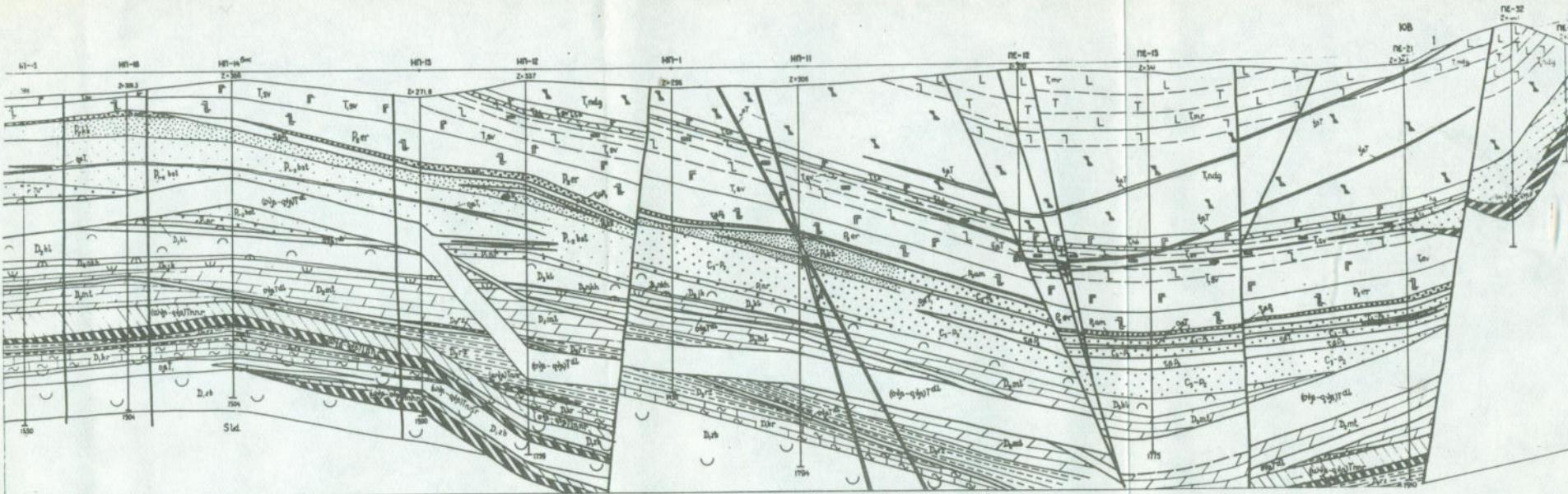
Скв- жина	Коли- чество анал- изов	Оксиды (вес. %)										Мощ- ность в м					
		SiO ₂	TiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	FeO	MgO	MnO	CaO	Na ₂ O	K ₂ O	P ₂ O ₅	СuO	NiO	Cr ₂ O ₃	Sодб	
Кварцевые, кариесодержащие габо- родолериты	III-16	3	52,45 I, 68	I2,21	3,47 I0,29	I3,76	3,26	0,23	5,51	3,52	0,43	0,36	-	-	-	27	
	III-4	2	57,38 I, 30	I8,2	3,13	5,56	2,8	0,09	2,51	3,57	2,3	0,29	0,01	0,02	0,003	0,045	
Безоливи- новые и оль- виноливи- шечные габро- долериты	III-16	2	48,1	0,88	I5,96	3,14	5,79	8,45	0,2	II,98	2,32	0,58	0,21	0,01	0,02	не оп- редел.	
Оливиновые габро-до- лериты	III-16	1	49,54 I, 13	I7,48	3,33	6,93	6,96	0,24	7,11	2,67	1,56	0,13	0,01	0,02	0,006	44	
	III-4	3	47,82	0,76	I3,8	3,14	5,8	8,81	0,2	II,8	2,3	0,6	0,2	0,02	0,013	0,024	
Пикритовые габро-до- лериты	III-16	3	43,93 I, 06	I4,75	3,67	8,55	12,98	0,24	9,98	0,89	0,78	0,11	0,016	0,023	0,005	10	
	III-4	2	41,38 I, 03	I8,34	2,44	5,96	I9,21	0,3	I2,12	0,85	I,18	0,09	0,16	0,047	0,03	20	
Такситовые габро-до- лериты	III-16	3	40,01	0,62	I7,77	4,14	9,86	23,83	0,27	6,23	0,56	0,69	0,07	0,036	0,08	0,004	41
	III-4	6	44,15 I, 03	I4,62	3,24	II,85	9,4	0,25	9,52	I,83	0,68	0,09	0,17	0,08	0,035	0,035	82
Средне- звезжечный состав	III-16	16	46,9	I,03	I4,22	3,17	8,52	8,9	0,23	I0,06	2,25	0,63	0,19	0,051	0,025	0,027	152
	III-4	9	43,7	0,85	II,51	3,84	8,82	I7,36	0,24	6,89	I,13	0,95	0,11	0,058	0,053	0,004	150

Таблица 3

Средневзвешенный состав интрузий г. Черной и Нижненорильской

Интрузия	Количе- ство анализов	Элементы и окислы (вес. %)										Cr			
		SiO ₂	TiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	FeO	MgO	MnO	CaO	Na ₂ O	K ₂ O				
Нижненориль- ская	25	45,54	0,98	I3,35	3,14	8,59	I3,33	0,23	8,59	I,71	0,86	0,12	0,06	0,04	0,027
Интрузия г.Черной	94	45,40	0,91	I4,76	3,34	8,13	II,52	0,15	II,58	I,83	0,95	0,16	0,053	0,033	0,27*

* Данные А.И.Архиповой (по результатам 320 анализов).



1	L _{Tmr}	2	T _{Tmr}	3	T _{Tndg}	4	T _{Tndg}	5	T _{Tu}	6	T _{lk}	7	T _{Tav}	8	T _{Tav}	9	F _{Tav}	10	P _{er}	11	D ₁ nk	12	D ₁ nk	13	D ₁ nk	14	D ₁ nk	15	C ₁ P ₁	16	D ₁ lk	17	D ₁ lk	18	D ₁ lk
19	D ₁ nk	20	D ₁ nk	21	D ₁ nk	22	D ₁ nk	23	Sld	24	C ₁ P ₁	25	Q ₁ P ₁	26	opt	27	opt	28	opt	29	opt	30	opt	31	opt	32	opt	33	opt	34	opt	35	opt	36	opt

Рис. 9. Геологический разрез по линии I-I, вкрест простирания пород Кайеркано-Пясинского поднятия и Норильской мульды

Условные обозначения: Триасовая система, нижний отдел, моронговская свита: 1 - афировые базальты, 2 - туфы; надеждинская свита: 3 - глыбопорфировые базальты, 4 - порфировые и афировые базальты; 5 - туконская свита, толейтовые базальты; 6 - хаканчанская свита, туфиты; Сыверминская свита: 7 - порфировые базальты, 8 - пикритовые базальты, 9 - толейтовые базальты. Пермская система: верхний отдел: 10 - ергалахская свита, трахиандезито-базальты, трахибазальты и их туфы; 11 - амбарнинская свита, песчаники; 12 - кайерканская свита, аргиллиты, алевролиты, угли; нижний отдел: 13 - быстринская свита, песчаники, алевролиты, аргиллиты; 14 - норильская свита, песчаники, алевролиты; 15 - тунгусская свита (нерасчлененная), лагунно-континентальные отложения. Девонская система, верхний отдел: 16 - каларгонская свита, 17 - накахосская свита; средний отдел: 18 - юктинская свита; 19 - мантурковская свита, доломиты, мергели, ангидриты; 20 - разведочнинская свита, аргиллиты; нижний отдел: 21 - курейская свита, аргиллиты, мергели, доломиты; 22 - зубовская свита, доломиты, ангидриты, мергели; 23 - силурийская система, лудлов. Пермский магматический комплекс: 24 - пластовые интрузии титан-авгитовых трахидолеритов, субклиновых и пойкилоофитовых долеритов. Триасовый магматический комплекс: 25 - дифференцированные от пикритовых до кварцевых габбро-долеритов интрузии I этапа; Промышленно-рудоносный Норильский тип: а/ верхние безрудные дифференциаты, б/ нижние рудоносные дифференциаты; 26 - в различной степени дифференцированные интрузии II этапа: рудоносный Нижненовильский тип: а/ верхние безрудные дифференциаты, б/ нижние нередко рудоносные дифференциаты; недифференцированные и слабодифференцированные интрузии далдыканского типа: 27 - круто- и пологосекущие интрузии оливиновых и оливинсодержащих пойкилоофитовых долеритов с биотитом, изредка со шлирами кварцсодержащих долеритов, 28 - биотитсодержащие слабодифференцированные интрузии от оливиновых до кварцевых габбро-долеритов, 29 - круто- и пологосекущие интрузии мелкозернистых габбро-долеритов, нередко порфировидных; 30 - дайки микродолеритов и микропойкилоофитовых долеритов, часто порфировидных. 31 - разрывные нарушения: а/ крутые, б/ пологие. 32 - скважины. 33 - геологические границы: а/ свит, б/ пачек пород. 34 - границы интрузивных образований.

отдельных дифференциатов наблюдаются и в разных участках интрузивного тела, называемого собственно Нижненорильской интрузией.

Сравнение химических составов пород по разрезам интрузии в купольной части тела (скв. КП-16) и в бортовой, (вблизи оси мульды (скв. НП-4), свидетельствует об этом достаточно убедительно (табл.2).

Состав расплава вблизи замковой части мульды был значительно более основным, чем в куполе, о чем свидетельствуют относительно низкие содержания кремнекислоты, глиноzemа и щелочей и высокие магнезии и железа в средневзвешенном составе и среднем составе пикритового горизонта в этой части интрузивного тела. Здесь же значительно интенсивнее проявился и процесс дифференциации магматического расплава, так как разница в составе верхних и нижних дифференциатов гораздо больше, чем в купольной части интрузии. Что касается рудных компонентов, то они также распределены неравномерно в различных частях интрузии; особенно это касается никеля и хрома (табл.1). Никеля больше в мульде, где расплав был более основным по составу, а хрома и меди - в купольной части интрузии.

Особенно высоки содержания меди (0,14-0,24) и хрома (0,03-0,09) при относительно небольших количествах никеля (0,015-0,04) в средневзвешенном составе ветвей рассматриваемой интрузии, вскрытых скважиной НП-13 (рис.9).

Средневзвешенный состав Нижненорильской интрузии в целом по заданному профилю по существу мало чем отличается от средневзвешенного состава интрузии г. Черной (табл.3), в которой чуть побольше глиноzemата, кальция и хрома и поменьше магнезии.

Как известно и как видно из приведенных данных, Нижненорильская интрузия несет значительно более бедное оруденение, чем интрузия Норильск I, но это, по-видимому, является скорее результатом различия тектонических условий формирования (или меньшей степени насыщенности сульфидами исходной магмы), чем различия в петрохимическом составе расплавов; однако промышленные скопления руд в связи с этой интрузией на отдельных ее участках вполне возможны.

Список литературы

I. Воронов С.П., Эрлих Э.Н. О сдвиговых деформациях в северо-восточной части Сибирской платформы. - В кн.: Информационный сборник НИИГА, вып.28, 1962, с.17-27.

2. Говердовская Т.Г. Паясинско-Вологочанская дифференцированная интрузия. - В кн.: Геология и полезные ископаемые Норильского района. Норильск, 1971, с.84-85.

3. Годлевский М.Н. Трапы и рудоносные интрузии Норильского района. М., Госгеолтехиздат, 1959, с.66.

4. Годлевский М.Н. К вопросу о генезисе сульфидных медно-никелевых месторождений на Сибирской платформе. - "Геология рудных месторождений", 1959, № 2, с.17-30.

5. Годлевский М.Н., Баташев Е.В., Кочнев-Первуих В.И., Лихачев А.П., Степанов В.К., Юдина В.В. Особенности прогнозирования медно-никелевых месторождений различных эпох развития земной коры. - В кн.: Генезис и принципы прогнозирования месторождений медно-никелевых руд. М., 1979, с.3-10. (Труды ЦНИИГРИ, вып.144).

6. Иванов М.К. К прогнозной оценке перспектив Норильского рудного узла. - В кн.: Геология и полезные ископаемые Норильского горно-промышленного района. Норильск, 1968, с.181-185.

7. Иванов М.К., Иванова Т.К. О связи рудоносных трappовых интрузий с вулканами центрального типа и вулканической природе медно-никелевых руд (на примере Норильского узла). - В кн.: Геология и полезные ископаемые норильского горно-промышленного района. Норильск, 1968, с.121-129.

8. Иванов М.К. Морфогенетические особенности рудоносных дифференцированных интрузий Норильского рудного узла. Автореферат. Л., 1975, 26 с. (НИИГА).

9. Лихачев А.П., Кукоев В.А. О плавлении и фазовых отношениях в сульфидных, силикатных и сульфидно-силикатных системах. - "Геология рудных месторождений", 1973, № 5, с.32-45.

10. Лихачев А.П. Об условиях образования рудоносных и безрудных магм северо-западной части Сибирской платформы. - "Изв. АН СССР", 1974, серия геологич., № 3, с.25-37.

11. Маракушев А.А. Вопросы рудоносности гипербазитов. - "Труды Ин-та геологии и геохимии Уральского Научного центра АН СССР", 1979, № 151, с.3-23.

12. Тарасов А.В. О роли инъективных дислокаций в формировании структур норильских медно-никелевых месторождений. - В кн.: Трапы Сибирской платформы и их металлогения". Иркутск, 1975, с.92-94.

13. Урванцев Н.Н. Енисейское рудное поле. - В кн.: Сборник статей по геологии Арктики. Л., 1959, с. 28-48. (Труды НИИГА, т.102).

14. Урванцев Н.Н. Некоторые вопросы формирования рудоносных интрузий и руд Норильска. - В кн.: Медно-никелевые руды Талнахского рудного узла. Л., 1972, с.100-105. (НИИГА).

брю-долерит - габбро-долерит - кварцодержащий габбро-долерит и лейкогаббро-долерит. Для них характерны сложные согласно-секущие взаимоотношения с вмещающими породами, которые свидетельствуют о позднекладчатом времени внедрения интрузий.

В ряду магматических образований пикрит-габбро-долеритового комплекса выделяются две автономные группы тел, различающихся условиями локализации, петрохимическими признаками и степеньюрудоносности: 1) практически безрудные субогласные интрузии сравнительно простой формы существенно пикритового состава и 2) рудоносные расслоенные согласно-секущие массивы смешанного пикрит-габбро-долеритового состава сложной формы.

Интрузии выделенных групп рассматриваются как закономерные члены эволюционного ряда, образующегося в результате глубинной дифференциации единого базальтоидного расплава. Основанием для этого служат пространственная и временная сопряженность тел, а также преемственность состава слагающих их пород.

Интрузии существенно пикритового состава слагают до 10% общего объема пермско-триасовых интрузивных образований Центрального Таймыра. Область их распространения общей площадью 250 x 100 км охватывает крайнюю юго-западную часть Восточно-Таймырского бассейна [5] от р.Диринги на западе до оз.Левинсон-Лессинга на востоке (рис. I). Размещение интрузий контролируют продольные негативные структуры в системе Быррангской антиклинальной зоны. Преобладают интрузии сиалло- и лополитообразной формы, приуроченные к полостям отслаивания в замковых частях структур. Реже встречаются дайкообразные тела, выполняющие радиальные и кольцевые трещины в краевых частях синклиналей.

Наиболее продуктивной является Центрально-Быррангская негативная структура II порядка. В ее пределах установлены два стратиграфических уровня (этажа) локализации магматических тел рассматриваемой группы.

Интрузии нижнего этажа прорывают отложения от верхнего карбона до нижней перми. Прерывистая цепь разной величины и мощности (30-140 м) лополитообразных массивов, полого воздымавшихся в северо-восточном направлении, просматривается от р.Верхней Таймыры (на субмеридиональном отрезке ее течения) до р.Б.Боотанкаги (в ее среднем течении). Наиболее значительным из них является Верхне-Дабакатаринский массив, приуроченный к внутренней части одноименной негативной структуры III порядка на междуречье Фадью-Куды и Левли. Вмешают его пограничные отложения быррангской и соколинской свит нижней перми. Интрузив имеет овальную форму в плане, вытянутую в северо-восточном направлении. Площадь его превышает

УДК [552.322.91:553.481'43] (571.5II-I7)

Н. Н. НАГАЙЦЕВА

ПИКРИТ-ГАББРО-ДОЛЕРИТОВЫЙ НИКЕЛЕНОСНЫЙ КОМПЛЕКС ЦЕНТРАЛЬНОГО ТАЙМЫРА

В последнее время на юге Центрального Таймыра выявлен ряд неизвестных ранее проявлений медно-никелевых руд, генетически связанных с гипербазит-базитовыми интрузиями. Особенности состава и строения этих интрузий, а также взаимоотношения с окружающей средой позволяют выделить их в пикрит-габбро-долеритовый комплекс, сопоставляемый с рудоносным комплексом Норильского района.

Судя по материалам предшествующих исследователей [1, 2, 3, 4] и учитывая новые данные, в истории пермско-триасового интрузивного магматизма на юге Центрального Таймыра можно выделить пять стадий: одну пермскую и четыре раннетриасовых, каждая из которых характеризуется комплексом интрузивных тел определенного состава, морфологии и условий локализации.

С пермской стадией связано формирование комплекса силлов порфировидных трахидолеритов и лейкотрахидолеритов, которые слагают до 15% общего объема интрузивных образований района. На первой раннетриасовой стадии образуется комплекс силлов долеритов, оливиновых долеритов и микродолеритов, наиболее широко (60%) распространенных на юге Центрального Таймыра. Становление пикрит-габбро-долеритового комплекса (15%) приурочено ко второй раннетриасовой стадии. Интрузии этого комплекса секут магматические тела двух выше указанных.

Вслед за пикрит-габбро-долеритовым в течение третьей раннетриасовой стадии формируются дайковые комплексы различного состава: габбро-долеритовый, анкарамит-габбро-долеритовый и др. (7%). Завершается интрузивная деятельность в районе становлением эсексит-сиенитового комплекса малых интрузий центрального типа (3%).

Пикрит-габбро-долеритовый никеленосный комплекс Центрального Таймыра представлен ассоциацией интрузивных тел, сложенных типоморфным рядом пород: пикритовый габбро-долерит - оливиновый габ-

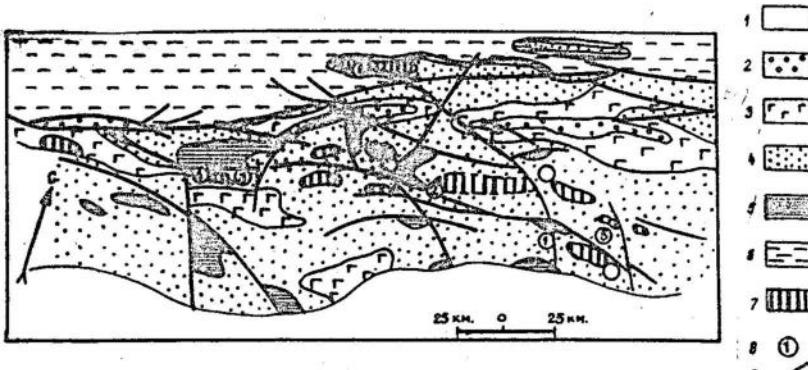


Рис. 1. Схема распространения интрузий пикрит-габбро-долеритового комплекса

I - четвертичные отложения; 2 - нижний - верхний триас, моллассоидные отложения; 3 - верхняя пермь - нижний триас, вулканогенные образования; 4 - верхний карбон - верхняя пермь, терригенные отложения; 5 - нижний - средний карбон, карбонатные отложения; 6 - сордник - девон, карбонатные отложения. Пикрит-габбро-долеритовый комплекс: 7 - поля распространения расслоенных интрузий пикрит-габбро-долеритового состава (1 - Бостанкагский массив, интрузии: 2 - ручьи Габбрового, 3 - ручья Тальник, 4 - Верхне-Таймырская, 5 - р.Ледяной, 6 - озеро Затерянных); 9 - тектонические контакты.

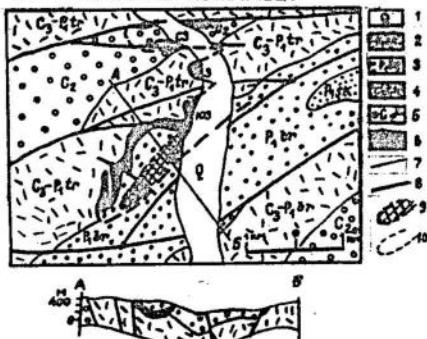


Рис. 2. Схематическая геологическая карта Бостанкагского участка

I - четвертичные отложения; 2 - нижняя пермь, соколинская свита - песчаники, аргиллиты; 3 - нижняя пермь, биррангская свита - аргиллиты, песчаники; 4 - верхний карбон - нижняя пермь, турузовская свита - песчаники, аргиллиты; 5 - средний карбон - аргиллиты, песчаники, известняки; 6 - Бостанкагский никеленосный массив: ЮЗ - юго-западная ветвь, З - западная ветвь, СЗ - северо-западная ветвь; 7 - геологические границы; 8 - тектонические контакты; 9 - контуры интрузивного тела по геофизическим данным; 10 - предполагаемые контуры погребенного массива.

$15 \times 50 \text{ км}^2$. Мощность тела колеблется от 40 до 110-120 м. Общий объем внедрившейся магматической массы составляет 75 км^3 .

В строении массивов принимают участие (снизу вверх) пикритовые габбро-долериты (оливин $\text{Fa}_{15-18\%}$ нередко серпентизированный, 49-50%, плагиоклаз $\text{N}_{57-69-22-23\%}$, моноклинный пироксен $\text{En}_{46-52} \text{Wo}_{41-47} \text{Fs}_7-15-19\%$, ромбический пироксен $\text{Fs}_{21-22}-2-3\%$, биотит 2-5%, рудные минералы: хромит, магнетит, пирротин, пентландит, халькопирит - до 5%); оливиновые габбро-долериты (оливин $\text{Fa}_{20-22-17\%}$, плагиоклаз $\text{N}_{60-69}-44-50\%$, моноклинный пироксен $\text{En}_{44-46} \text{Wo}_{44-47} \text{Fs}_{7-II}-24-27\%$, ромбический пироксен $\text{Fs}_{21-23}-1-4\%$, биотит 3-5%, рудные минералы 2-4%) и габбро-диориты (плагиоклаз $\text{N}_{41-57}-45-57\%$, моноклинный пироксен $\text{En}_{44} \text{Wo}_{49} \text{Fs}_7-8-24\%$, роговая обманка $\text{Fs}_{22-37}-9-35\%$, рудные минералы: титаномагнетит, пирит, пирротин, халькопирит - 1-9%). Пикритовые разновидности составляют от 50 до 70%, а лейкократовые - не более 5-10% общего объема тела.

Наиболее крупные массивы (Верхне-Дябакатаринский и др.) сопровождаются свитами однородных интрузивных тел менее значительных размеров. Среди них различаются 1) приподнятые силлы-сателлиты, сложенные пикритовыми габбро-долеритами и 2) приковлевые силлы-сателлиты габбро-долеритов и габбро-диоритов. Мощность тел не превышает 20-25 м, протяженность по простиранию 7-15 км. Всего в ореоле массивов насчитывается до 5-6 сателлитов.

По периферии Верхне-Дябакатаринского массива встречены дайкообразные тела пикритовых габбро-долеритов мощностью 10-15 м, выполняющие радиальные и кольцевые трещины.

Пикритовые габбро-долериты изотропных тел имеют следующий минералогический состав: оливин $\text{Fa}_{17-19}-38-40\%$, плагиоклаз $\text{N}_{55-61}-25-30\%$, моноклинный пироксен $\text{En}_{42-44} \text{Wo}_{48-50} \text{Fs}_{10-14}-14-24\%$, ромбический пироксен $\text{Fs}_{20-22}-1-4\%$, биотит - 1-5%, рудные минералы - 2-6%.

Представителем магматических образований верхнего этажа является интрузия на правобережье р.Диринги (приток р.В.Таймыра), приуроченная к обевой части синклинальной структуры, которая выполнена вулканогенными образованиями. Интрузия рассекает отложения верхнебетлингской подсвиты. Мощность ее более 30 м. Размеры обнаженной части тела не превышают 2,5-0,5 км. В строении интрузии принимают участие пикритовые и оливиновые габбро-долериты, аналогичные выше описанным.

Расслоенные интрузии пикрит-габбро-долеритового состава про странственно ассоциируют с выше описанными пикретовыми интрузиями. К данной группе относятся Боотанканский массив [6] в среднем течении р. Большой Боотанкаги, интрузии ручья Габбрового в среднем течении р. Фадью-Куды, ручья Тальник и Верхне-Таймырская в верхнем течении р. Верхней Таймыры, р. Ледяной, озер Затерянных и др. Общее число известных в настоящее время тел не выходит за пределы полутора десятков, а общий объем их не превышает 5% объема всех пермско-триасовых интрузий Центрального Таймыра.

В размещении интрузий важную роль играют поперечные положительные структуры (Верхне-Таймырская, Боотанкаско-Левлинская, Фадью-Кудинская и др.), которые фиксируются постоянным перегибом или изгибом параллельных складок III порядка и подчеркиваются дислокационными нарушениями. Магмомешающими структурами служат краевые приосечевые или склоновые участки синклиналей III и IV порядков. Интрузии локализуются в пограничных слоях турузовской ($C_3 - P_1$) и биррангской (P_1) свит в поле развития пермских силлов порфировидных трахиодолеритов.

Интрузии данной группы отличаются от выше описанных меньшими размерами, но более сложной морфологией. Они образуют своеобразные магматические пучки, включающие до трех согласно-секущих тел лоткообразной формы размером до $7,5 \times 3,0$ км (рис. 2).

Главные интрузивные тела нередко сопровождаются небольшой мощности (5-10 м) сателлитами пластовой (приподошвенные сателлиты) и конической (надкровлевые сателлиты) формы.

В современном эрозионном срезе обнажаются только бортовые части массивов мощностью до 100 м. Приосечевые части их погребены под толщей осадочных пород и по расчетам находятся на глубине от 100 до 600-700 м от поверхности.

В строении обнаженных частей интрузий отчетливо выделяются три горизонта пород, соотношения между которыми равны 4:16:1 (рис. 3).

Нижний рудоносный горизонт слагают пикретовые (оливин Fa_{25-27} 33-52%, плагиоклаз N_{58-62} 20-30%, авгит Fa_{9-13} 21-30%, бронзит-гиперстен до 2,6%, роговая обманка 2,6-14,7%, биотит до 1,6%, рудные минералы 1,4-7%) и такситовые (оливин Fa_{17-20} , плагиоклаз 26-34%, авгит Fs_{14-23} - 17-50%, гиперстен до 2,5%, роговая обманка до 1%, биотит и рудные минералы 2,5-15%) габбро-долериты, иногда плагиоверлиты (оливин Fa_{20} - 60%, плагиоклаз

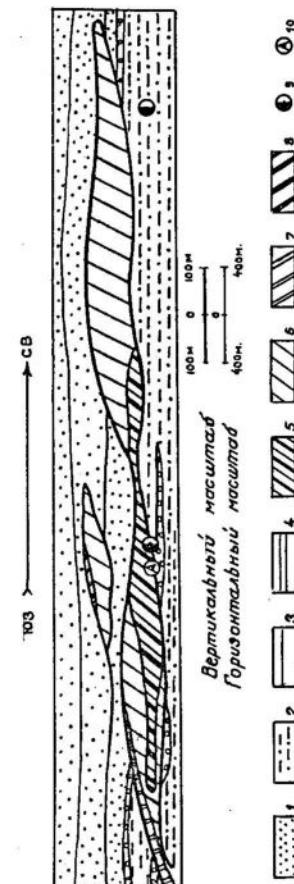


Рис. 3. Схематический геологический разрез юго-восточного обнаженного борта интрузии ручья Габбрового

1. нижняя пермь, биррангская свита - аргиллиты, песчаники;
2. - верхний карбон - нижняя пермь, турузовская свита - песчаники, ариллиты; 3 - сильы долеритов; 4 - сильы трахиодолеритов.
Интрузия ручья Габбрового: 5 - рудоносный горизонт плагиодолеритов, пикретовых и такситовых габбро-долеритов; 6 - горизонт габбро-долеритов и гибридитов; 7 - горизонт метадиоритов, лейкогаббро-долеритов и гибридито-метасоматических пород; 8 - верхние "такситы"; 9 - халькопирит-кальцитовые жилы; 10 - асбестовые жилы.

- 13%, авгит Fs_{12} - 17%, бронзит Fs_{25} - 2,0%, биотит - 1,5%, рудные минералы 5-7%), незакономерно перемежающиеся между собой.

Рудная минерализация представлена вкрапленниками из агрегатов сульфидов (пирротина, халькопирита, пентландита, висмутита, иногда кубанита), размер которых достигает 2,6-3 см, реже 4-5 см. Вкрапленники нередко расслоены. Преобладает пентландит (5-25%) - халькопирит (10-25%) - пирротиновая (60-80%) ассоциация рудных минералов. В интрузии ручья Габбрового наряду с ней выделяется также пентландит (5-15%) - пирротин (5-15%) - халькопиритовая (до 80%) ассоциация.

Средний горизонт образован габбро-долеритами (плагиоклаз N_{62-77} - 46-60%, энстатит-диопсид Fs_{8-16} - 24-32%) с переменным количеством оливина-гиалосидерита (0-12%), роговой обманки (0-17%) и кварца (0-2,5%). В сложении верхнего горизонта участвуют метадиориты (амфиболизированные, альбитизированные и хлоритизированные долериты), лейкогаббро (плагиоклаз N_{17-38} - 63-66%, авгит Fs_{10-11} 16-17%, актинолит Fe_{68-70} - 9-9,5%, рудные минералы - 1-1,5%, биотит 1,5%, вторичные минералы - 5-9%), габбро-пегматиты, эруптивные брекчи и гибридно-метасоматические породы: гранофиры, гранатсодержащие долериты, оруденелые (до 40% сульфидов: пирротина, халькопирита и пирита) существенно амфиболовые (40-45%) породы и др.

Рассмотренные интрузии отличаются широким развитием контакто-метаморфических ореолов, которые представлены как эруптивными брекчиями и гибридно-метасоматическими образованиями кровли, так и экзоконтактовыми роговиками и метасоматитами. В экзоконтакте Ботанкаского массива широко развиты флогопитовые метасоматиты.

По условиям локализации, морфологии, размерам и особенностям внутреннего строения, а также по характеру и выдержанности рудоносных горизонтов расслоенные интрузии Таймыра, такие как Ботанкаский массив, интрузия ручья Габбрового и др., сопоставимы с промышленно-рудоносными интрузиями Норильского района.

Ниже приводится петрохимическая характеристика интрузий пикрит-габбро-долеритового комплекса Таймыра. В таб. I приведены средние химические составы пород некоторых из указанных интрузий, они нанесены на вариационные диаграммы (рисунки 4, 5).

По соотношению основных петрохимических параметров (кремнезем-щелочи) пород рассматриваемых интрузий относятся к двум смежным группам в пределах одного щелочно-земельного ряда: габбро-базальтовой (долеритовой) и пикритовой [7]. К числу признаков, об-

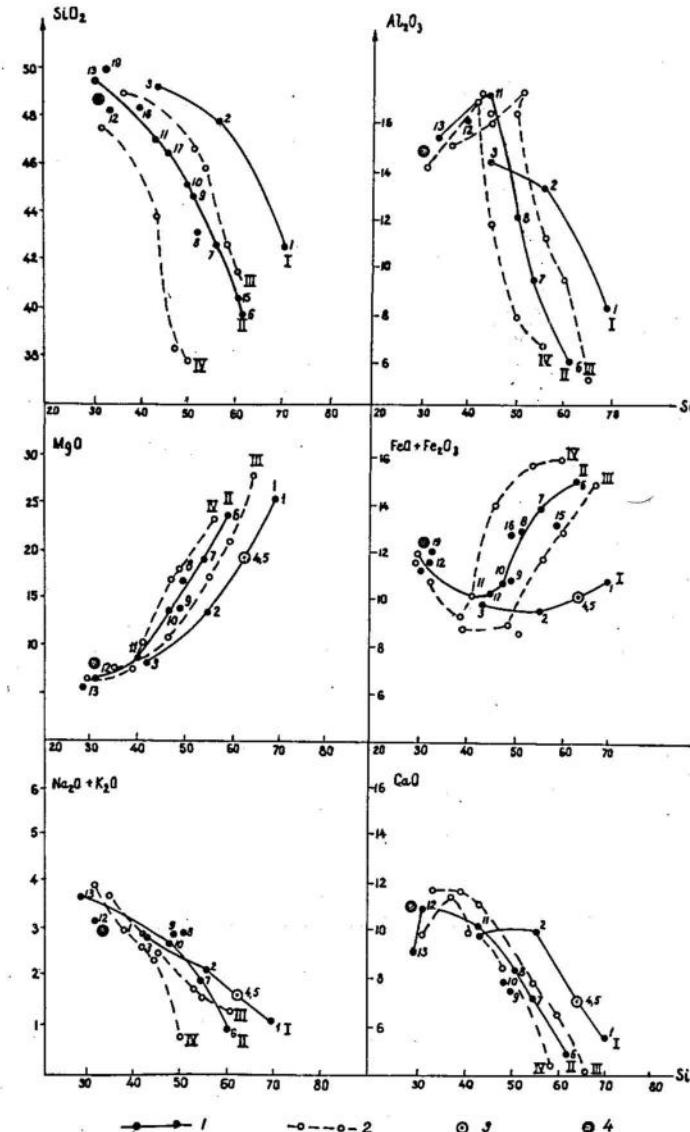


Рис. 4. Диаграмма зависимости содержаний компонентов от индекса кристаллизации

I - линии дифференциации интрузий пикрит-габбро-долеритового комплекса Таймыра; I - существенно пикритового состава, II - расслоенные пикрит-габбро-долеритового состава; Значения точек приведены в таблице I; 2 - линии дифференциации расслоенных интрузий Норильского района: III - нижнеталнахского типа, IV - верхнеталнахского типа (по данным Д.А.Додина); V - фокинского типа (по данным А.И.Архиповой); 3 - средневзвешенные составы; 4 - средний состав недифференцированных интрузий долеритов.

Таблица 1

Средние химические составы пород габбро-долеритового комплекса Таймыра

Породы (вес. %)																		
3	4	5	6	7	8	9	10	II	12	13	14	15	16	17	18	19	20	
,57	44,62	44,12	40,06	43,25	43,54	45,15	45,47	47,69	48,41	50,33	46,15	40,78	44,23	47,01	49,2	51,II	47,3	
,95	0,52	0,58	0,44	0,75	0,86	0,71	0,81	0,86	1,05	0,85	0,82	0,55	0,72	0,70	0,98	I,15	0,8+	
,44	9,55	9,70	6,30	9,03	10,70	14,95	14,65	17,31	15,45	15,52	14,09	11,03	13,71	16,80	15,02	15,I2	I4,4I	
,90	2,29	2,49	7,03	4,42	4,32	2,2	2,38	1,52	1,98	1,72	2,46	3,45	4,52	2,84	1,94	3,48	3,30	
I	0,28	0,31	0,18	0,15	0,10	0,05	0,06	0,05	0,025	0,013	0,09	-	0,05	0,03	0,02	0,01	0,03	
,01	8,33	8,33	8,44	9,54	8,35	8,97	9,79	9,02	9,72	9,24	9,41	8,26	8,70	7,40	6,50	7,20	7,60	
,06	7,24	7,48	5,38	7,48	8,73	7,51	8,24	10,26	10,89	8,75	9,37	6,98	9,35	9,90	10,19	I0,7I	9,62	
,89	21,9	21,07	24,94	19,73	17,50	13,90	13,93	8,70	7,37	6,31	11,8	19,94	13,II	10,00	7,86	7,II	I0,35	
,13	0,14	0,17	0,18	0,20	0,18	0,18	0,17	0,16	0,21	0,18	0,19	0,18	0,17	0,17	0,19	0,13	0,16	
,95	0,45	0,51	0,20	0,60	1,55	1,38	1,23	0,85	0,76	0,74	0,72	0,62	0,45	0,69	0,87	0,75	0,67	
,03	I,16	I,3	0,65	I,07	I,57	I,67	I,68	2,03	2,50	3,21	I,90	I,33	I,54	I,75	2,45	3,0I	2,16	
,II	0,06	0,12	0,II	0,II	0,15	0,16	0,18	0,15	0,21	0,12	0,16	0,08	0,13	0,10	0,17	0,22	0,15	
,08	0,09	0,04	0,18	0,05	0,03	0,02	0,03	0,04	0,02	0,05	-	-	0,18	-	сл.	0,15	-	
,94	3,66	4,27	6,41	4,25	3,60	3,50	2,27	I,93	I,74	3,00	-	7,62	3,16	2,44	3,2I	0,54	-	
,17	I00,33	I00,48	I00,44	I00,6I	I00,50	99,85	I00,88	I00,29	I00,4I	99,93	-	I00,77	I00,02	99,83	99,70	I00,59	-	
,64	0,82	0,57	0,42	0,52	0,34	0,35	0,42	0,17	0,22	0,30	-	6,00	2,60	I,84	I,86	0,94	-	
,25	0,14	0,13	0,36	0,28	0,08	0,10	0,32	0,28	0,12	0,07	-	0,63	I,22	0,03	0,03	0,14	-	
,015	0,10	0,II	0,15	0,09	0,13(0,16)	0,1	0,09	0,027	0,015	0,013	-	0,09	0,047	0,0II	-	-	-	
,003	0,008	0,009	0,0I	0,008	0,008	0,008	0,008	0,005	0,0046	0,004	-	0,008	0,005	0,005	0,003	-	0,004	
,006	0,0I	0,013	0,25	0,14	0,05	0,092	0,2(0,35)	0,12	0,018	0,014	0,013	-	0,14	0,050	0,035	0,023	0,038	
	64	64	6I	55	5I	50	49	43	32	30	44	60	50	45	42	32	43	
,19	0,22	0,22	0,46	0,32	0,33	0,2	0,2	0,14	0,16	0,14	0,2I	0,33	0,43	0,28	0,24	0,32	0,3	
	6	5,4	7	6	5	5	5	5,8	5	4	5	5,5	6,4	7	5	5	5	

твенно пикритового состава. Верхне-Дябакатаринская слабоифференцированная интрузия: I - пикритовые габбро-долериты (среднее из 2 анализов); 2 - оливиновые габбро-долериты, 4 средневзвешенный состав интрузии; 5 - пикритовые габбро-долериты изотропных тел (среднее из 5 анализов). 6-14 - расслоенная интрузия ручья Габбрового: 2 среднее из 4 анализов), такситовые габбро-долериты; 8 - мланократовые оливиновые, 9 - мезократовые оливиновые (среднее из 2 анализов); 10 - троктолитовые габбро-2 анализов); 10 - троктолитовые габбро-долериты (среднее из 4 анализов); 12 - оливинсодержащие габбро-долериты; 13 - кварцсодержащие габбро-долериты; 14 - средненаженной части интрузии. 15-20 - расслоенный Боотанкагский массив: 15 - пикритовые габбро-долериты; 16 - такситовые габбро-долериты (среднее из 4 анализов); 17 - пикритовые габбро-долериты (среднее из 2 анализов); 18 - габбро-долериты (среднее из 2 анализов); 19 - кварцсодержащие габбро-долериты (среднее из 3 анализов); 20 - средненаженной части интрузии. В дробном показателе в числителе показано содержание полезных компонентов в породах, в знаменателе - содержание их в рудах, в скобках обогащенных сульфидами рудах.

Средние химические составы пород габбро-д

Компоненты Коэффициенты	Породы (вес. %)									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
SiO ₂	42,89	48,23	49,57	44,62	44,12	40,06	43,25	43,54	45,15	45,47
TiO ₂	0,42	0,67	0,95	0,52	0,58	0,44	0,75	0,86	0,71	0,81
Al ₂ O ₃	7,80	13,24	14,44	9,55	9,70	6,30	9,03	10,70	14,95	14,65
Fe ₂ O ₃	2,47	1,89	1,90	2,29	2,49	7,03	4,42	4,32	2,2	2,38
Cr ₂ O ₃	0,356	0,125	0,1	0,28	0,31	0,18	0,15	0,10	0,05	0,06
FeO	8,61	7,55	8,01	8,33	8,33	8,44	9,54	8,35	8,97	9,79
CaO	5,90	10,58	10,06	7,24	7,48	5,38	7,48	8,73	7,51	8,24
MgO	26,01	14,01	8,89	21,9	21,07	24,94	19,73	17,50	13,90	13,93
MnO	0,15	0,12	0,13	0,14	0,17	0,18	0,20	0,18	0,18	0,17
K ₂ O	0,37	0,50	0,95	0,45	0,51	0,20	0,60	1,55	1,38	1,23
Na ₂ O	0,88	1,72	2,03	1,16	1,3	0,65	1,07	1,57	1,67	1,68
P ₂ O ₅	0,06	0,05	0,11	0,06	0,12	0,11	0,11	0,15	0,16	0,18
SO ₃	0,09	0,08	0,08	0,09	0,04	0,18	0,05	0,03	0,02	0,03
П.П.П.	4,32	1,72	2,94	3,66	4,27	6,41	4,25	3,60	3,50	2,27
Сумма	100,32	100,48	100,17	100,33	100,48	100,44	100,61	100,50	99,85	100,88
H ₂ O	0,34	0,12	0,64	0,32	0,57	0,42	0,52	0,34	0,35	0,42
S	0,11	0,18	0,25	0,14	0,13	0,36	0,28	0,08	0,10	0,32
Ni	0,12	0,08	0,015	0,10	0,11	0,15	0,09	0,1	0,12(0,14)	0,09
Ca	0,01	0,007	0,003	0,008	0,009	0,01	0,008	0,008	0,008	0,008
Cu	0,012	0,009	0,006	0,01	0,013	0,25	0,14	0,05	0,092	0,12
Si	70	56	43	64	64	61	55	51	50	49
$\frac{Fe''}{Fe'' + Fe'}$	0,22	0,2	0,19	0,22	0,22	0,46	0,32	0,33	0,2	0,2
Al ₂ O ₃	6,2	6	5	6	5,4	7	6	5	5	5
Na ₂ O+K ₂ O										

Примечание. I-5 - интрузии существенно пикритового состава. Верхне-Дябакатаринская слабоифференцированная и долериты, 3 - габбро-долериты, 4 средневзвешенный состав интрузии; 5 - пикритовые габбро-долериты; 6 - плагиоверлиты (среднее из 4 анализов), такситовые габбро-долериты; 8 - магнократовые оливин-долериты (среднее из 2 анализов); 10 - троктолитовые габбро-долериты (среднее из 4 анализов); 12 - взвешенный состав обнаженной части интрузии. 15-20 - расслоенный Бостанхасский массив: 15 - пикр-оливиновые габбро-долериты (среднее из 4 анализов); 18 - габбро-долериты (среднее из 2 анализов); 17 - оливиновые габбро-долериты (среднее из 4 анализов). В дробном показателе в числителе показано содержание средние содержания в обогащенных сульфидами рудах.

ших для всех разновидностей, кроме уровня щелочности, относятся низкая титанистость ($TiO_2 > 1,5$) и преимущественно калинат-ровый ($\frac{K_2O}{K_2O + Na_2O} \approx 20-25$) тип пород. Алюминиево-щелочной показатель ($\frac{Al_2O_3}{Na_2O + K_2O}$) равен 5-7.

Пикритовые габбро-долериты нерудоносных интрузий первой

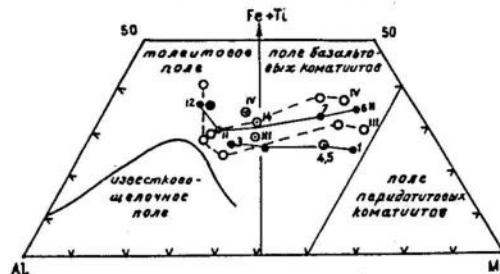


Рис. 5. Тройная диаграмма

Условные обозначения те же, что на рис. 4.

группы характеризуются умеренно низкими содержаниями кремнекислоты (42-45%; в среднем 44%), глиноzemа (7-11,6%, 9,70%), кальция (5,6-9%, в среднем 7,48%) и щелочей (1,3-1,9%, в среднем 1,12%). Отличительными особенностями состава пород являются высокие концентрации окислов магния (19-28%, в среднем 21%) и хрома (0,26-0,38%). Количество окиси магния почти вдвое превышает суммарное содержание окислов железа (10-12%, в среднем 10,82%), что указывает на принадлежность пород к магнезиальному ($MgO > 2FeO$) типу пикритов. Степень окисленности железа ($\frac{Fe_2O_3}{Fe_2O_3 + FeO}$) равна 0,22.

В ряду пород слабо дифференцированных интрузий от пикритовых габбро-долеритов к габбро-долеритам закономерно увеличиваются содержания кремнекислоты (41-49,5%), титана (0,42-0,95%), глинозема (7,80-14,44%), кальция (5,9-10,06%), щелочей (1,2-3%) и уменьшаются концентрации магния (26-8,89%) и хрома (0,356-0,1%) при неизменном количестве (10-11%) суммарного железа. Индекс кристаллизации (Si) меняется от 70 до 43. Изменение содержаний никеля прямо коррелируется с поведением магния и хрома. Средневзвешенный состав слабодифференцированных интрузий приближается к среднему составу пикритовых габбро-долеритов изотропных тел.

Аналогом Таймырских слабо дифференцированных интрузий существенно пикритового состава является интрузия р. Фокиной в Норильском районе [8].

Субультраосновные разновидности расслоенных интрузий (плагиограниты, пикритовые габбро-долериты) отличаются от пикритовых габбро-долеритов интрузий первой группы пониженным количеством кремнекислоты (40-43%), окислов хрома (0,15-0,18%), магния (в среднем 19%), но повышенными концентрациями железа (13-17%) и более высокой степенью окисленности последнего (0,33-0,46). По соотношению магния и железа они относятся к железо-магниевому типу пород (2 $Fe > Mg > Fe$).

По перечисленным параметрам рассматриваемые породы весьма сходны с обогащенными оливином образованиями дифференцированных интрузий нижнеталнахского типа (интрузии Нижнеталнахская, Нижненорильская, горы Черной).

Такситовые габбро-долериты расслоенных интрузий Таймыра характеризуются повышенными концентрациями окислов магния (13,11-17,50%), железа (12-13,3%), алюминия (13,7-14,95%), хрома (0,06%) и умеренно низкими - кремния (43-45%) и щелочей (2-3,1%). От такситовых габбро-долеритов промышленно-рудоносных интрузий они отличаются повышенной магнезиальностью, занимая по этому параметру промежуточное положение между одноименными породами интрузий верхне- и нижнеталнахского типов [9].

Оливиновые габбро-долериты рассматриваемой группы тел по сравнению с подобными породами недифференцированных интрузий характеризуются пониженными содержаниями кремнекислоты (46-48%), экстремально высоким количеством глиноzemа (16,8-17,7%) и низким (не более 8-10%) - суммарного железа. По своему составу они близки оливиновым габбро-долеритам дифференцированных интрузий верхне- и нижнеталнахского типов в Норильском районе.

Оливинсодержащим и кварцсодержащим габбро-долеритам свойственные обычные для траппов содержания кремнекислоты (48-51%), глиноzemа (13-15%), кальция (9-11%), магния (6-8%), железа (10-12%) и щелочей (3,2-4%).

В генетическом ряду пород расслоенных интрузий от плагиогранитов и пикритовых габбро-долеритов к габбро-долеритам монотонно возрастает содержание кремнекислоты (40-51%), щелочей (1,9-4%), титана (0,44-1,15%) и также монотонно убывают содержания магния (от 24% до 6-7%) и хрома (0,18-0,013%). Изменения содержаний железа, глиноzemа и в меньшей степени кальция в этом ряду носят неоднозначный характер, причем количества первых двух окислов находятся в обратно пропорциональных соотношениях (рис.4). Содержание глиноzemа резко возрастает при переходе от плагиогранитов и пикритовых габбро-долеритов к оливиновым габбро-долеритам (от 6-9 до 16-17,8%) и затем незначительно уменьшается до 15-15,5% в оливин- и кварцсодержащих разновидностях. Количество

железа максимально в обогащенных оливином породах и минимально в оливиновых габбро-долеритах. С поведением суммарного железа коррелируется изменение степени его окисленности. Индекс кристаллизации (Si) уменьшается от 60 до 30.

Содержание основных рудообразующих элементов коррелируется с поведением магния. Асинхронность поведения их характерна главным образом для тектитовых габбро-долеритов.

По перечисленным петрохимическим параметрам пород, а также по характеру и направлению дифференциации рассматриваемые анизотропные интрузии Таймыра сопоставимы с рудоносными дифференцированными интрузиями Норильского горно-промышленного района. На приведенных вариационных диаграммах (рисунки 4, 5) линии дифференциации расслоенных интрузий Таймыра занимают промежуточное положение между линиями дифференциации интрузий верхне- и нижнеталнахского типов.

От промышленно рудоносных интрузий верхнеталнахского типа (интрузии Верхнеталнахская, Норильск I, Норильск II) таймырские отличаются главным образом повышенным содержанием кремнекислоты и пониженным количеством железа, как суммарного, так и окисного в крайних субультраосновных разновидностях пород.

Особое место среди описываемых интрузий занимает интрузия ручья Габбрового. Высокооливиновые породы этой интрузии по соотношению железа и магния, магния и хрома, степени окисленности железа и другим параметрам, имеющим диагностическое значение, приближаются к обогащенным оливином магниево-железистым ($Mg = \Sigma Fe$) разновидностям юго-западной ветви Верхне-талнахской промышленно-рудоносной интрузии Норильского района.

Выявленное сходство геологического строения, состава и характера дифференциации расслоенных интрузий пикрит-габбро-долеритового комплекса Таймыра с дифференцированными рудоносными интрузиями Норильского района позволяет относить их к одному потенциально промышленно-никеленосному формационному типу. Это служит основанием для высокой прогнозной оценки известных рудоносных интрузий Таймыра, в первую очередь Ботанкагской и ручья Габбрового, которые нуждаются в детальном изучении и проведении на их территории поисково-оценочных работ.

Список литературы

I. Вакар В.А. Трапповая формация Таймыра. – В кн.: Петрография Восточной Сибири. М., Изд-во АН СССР, 1962, с.340.

2. Даминова А.М. Траппы Центрального Таймыра. – В кн.: Базальты плато. М., "Наука", 1964, с.65-78.
3. Ковалева Г.А. Медно-никелевая минерализация в дифференцированной дайке габбро-долеритов на Центральном Таймыре. – "Ученые записки НИИГА", 1964, регион.геол., вып.3, с.47-52.
4. Равич М.Г., Гайка Л.А. Малые интрузии хр.Барранга. Л., 1959, с.145 (Труды НИИГА, т.88).
5. Погребицкий Ю.Е. Палеотектонический анализ Таймырской складчатой системы. Л., 1971, 242 с. (Труды НИИГА, т.199).
6. Нагайцева Н.Н., Павлов Л.Г., Старицина Г.Н. Ботанкагский никеленосный массив. "Докл.АН СССР", 1980, т.253, № 2, с.451-453.
7. Маракушев А.А., Финогенов А.Н. и др. Петрохимическая система и номенклатура интрузивных пород. – "Бюлл.Моск.об-ва испытателей природы", отд.геол., Т.54, вып.1, с.96-109.
8. Архипова А.И. Геохимическая характеристика интрузивных траппов Норильского плато. Л., "Недра", 1975, 230 с. (Труды НИИ ГА, т.177).
9. Додин Д.А., Батуев Б.Н., Петрология и рудоносность Талнахских и Норильских дифференцированных интрузий. Л., "Недра", 1971, с.31-100 (Труды НИИГА, т.167).

УДК [550.84.092.22:553.48I '43] :550.84.001.5

И.И.СИДОРОВ

ПЕРВИЧНЫЕ ОРЕОЛЫ ПРОМЫШЛЕННЫХ МЕДНО-НИКЕЛЕВЫХ МЕСТОРОЖДЕНИЙ В СВЯЗИ С РАЗРАБОТКОЙ МЕТОДИКИ ГЕОХИМИЧЕСКИХ ПОИСКОВ

Никеленосные интрузивы сопровождаются ореолами большого количества элементов: а) содержащихся в высоких концентрациях в сульфидных рудах (медь, никель, кобальт); б) спутников медно-никелевого оруденения (серебро, свинец, цинк, молибден, олово); в) типоморфных для траппов (хром, титан, марганец, ванадий и др.). Морфология ореолов определяется структурно-литологическими особенностями пород и главным образом системой тектонических нарушений, обусловивших их значительную протяженность по вертикали. Зональность распределения элементов в ореоле имеет вид: Ni → Cr → Co → Pb → Cu → Ag → Zn → Sn → Sr → Ba.

Но несмотря на большой объем проведенных исследований, методика поисков глубокозалегающих медно-никелевых месторождений по их первичным ореолам в Норильском районе разработана еще недостаточно. Объясняется это не только сложным геологическим строением района и многообразием факторов, влияющих на формирование первичного ореола месторождения, но и отсутствием в большинстве случаев геохимических материалов, характеризующих рудовмещающую зону во фронтальной части рудоносного интрузива, широким использованием бескернового бурения при проведении разведочных работ. Особенно пагубно последнее обстоятельство сказалось на объеме данных, характеризующих толщу вулканитов, а именно последние являются основным объектом изучения при проведении поисковых и оценочных работ на перспективных участках.

Настоящая статья основывается на результатах детального геохимического опробования керна разведочных скважин, пробуренных в пределах Талнахского и в меньшей степени Октябрьского месторождений медно-никелевых руд. Она направлена в основном на выявление тех особенностей распределения микроэлементов в породах, вмещающих и перекрывающих эти месторождения, которые могут быть исполь-

- 91 -
зованы при поисках скрытого оруденения на сопредельных территориях.

Рассмотрение особенностей строения первичного ореола целесообразно начать с анализа параметров распределения элементов в различных разновидностях пород. Вулканогенные образования, развитые в пределах Талнахского рудного узла, характеризуются (табл. I) устойчивыми, типичными для траппов [2, 4] средними содержаниями микроэлементов, лишь горизонты вулканогенно-обломочных пород отличаются повышенными в 1,5–2 раза содержаниями хрома, кобальта, свинца, ванадия, цинка и циркония. Наибольшие колебания содержаний обычно отмечаются для меди, никеля, хрома и свинца, то есть для тех элементов, которые чаще всего образуют ореолы над рудоносными интрузивами. Следует отметить, что максимальные коэффициенты вариации фиксируются для меди, никеля, хрома и кобальта в терригенных отложениях тунгусской серии и титан-авгитовых трахибазальтах ергалахской свиты. Выше по разрезу степень изменчивости поведения элементов постепенно падает.

Наиболее отчетливо геохимическая специализация проявляется при рассмотрении результатов корреляционного анализа, проведенного по серии выборок для пород Талнахского рудного узла и пород, не подвергшихся воздействию ореолообразующих растворов. Привнос элементов, связанных в постмагматических растворах положительной корреляционной зависимостью, вызывает нарушение первичных связей, существовавших в исходной породе между элементами. Важное значение при этом имеет не только факт привноса, но и выщелачивание ряда элементов из некоторых разновидностей пород. Для осадочных отложений палеозоя, вмещающих залежи руд и никеленосный интрузив, более характерен привнос рудных элементов – меди, никеля, кобальта, а также хрома, обусловивший возникновение сильных корреляционных связей между ними. Для вулканитов устанавливаются более сложные зависимости. Существенному перераспределению здесь подверглись не только рудные элементы, но и элементы, типоморфные для траппов вообще. Это нашло отражение в возникновении сильных корреляционных зависимостей между медью и никелем, медью и хромом, медью и ванадием, титаном и ванадием и т.д. Большинство из них не типично для базальтов, не затронутых ореолообразующим процессом. Следует отметить, что в верхних горизонтах туфоловатой толщи этот процесс постепенно затухает и отчетливо проявляется лишь вблизи зон тектонических нарушений и в горизонтах туфов и туффитов.

Для приближенно количественной оценки распределения аномальных точек и аномальных полей по разрезу вулканогенных и

Таблица I

Оценки некоторых параметров распределения микроэлементов в осадочно-вулканогенных образованиях Талнахского рудного узла (Cu, Co, Ni, Pb, Zn, Zr - $10^{-3}\%$, Ba, Cr, Sr, V - $10^{-2}\%$; Mn, Ti - $10^{-1}\%$)

Эле- мен- ты, па- раметры	Надеждинская свита		Сыверминская свита		Брагинская свита		Тунгусская серия		Девон	
	подщировое базальты (46)	базальты с толеитовой структурой (53)	пикритовые базальты (105)	базальты (184)	базальты с толеитовой структурой (87)	андезитовые базальты (75)	трапицо-базальты (78)	песчаники, алевролиты (253)	известники (106)	мергели, ангидриты (117)
Ba	X S	3,5 1,3	1,8 1,1	2,3 0,5	1,3 0,9	3,4 1,4	3,0 1,5	6,0 3,2	3,4 1,4	2,7 1,0
Cu	X S	4,0 2,0	4,0 2,0	6,0 3,0	7,0 3,0	3,0 1,0	4,0 2,0	2,0 1,0	3,0 1,0	2,0 1,0
Cr	X S	1,4 0,5	4,7 6,1	1,4 0,5	6,5 3,6	1,7 0,8	2,0 1,0	0,4 0,2	0,3 0,1	0,8 0,3
Co	X S	3,0 1,0	3,0 1,0	5,0 1,0	3,0 1,0	3,0 1,0	2,0 1,0	2,0 1,0	1,0 0,6	0,3 0,3
Mn	X S	1,0 0,3	1,1 0,1	1,0 0,1	1,2 0,3	1,0 0,3	1,0 0,2	1,1 0,2	1,5 0,5	0,7 0,2
Ni	X S	4,0 2,0	3,0 1,0	6,0 1,0	50,0 39,0	5,0 3,0	5,0 1,0	2,0 1,0	3,0 1,0	3,0 0,5
Pb	X S	0,4 0,1	2,0 4,0	0,2 0,2	0,1 0,2	0,3 0,3	0,4 0,2	0,5 0,2	0,2 0,1	0,2 0,1
Sr	X S	1,8 1,0	1,1 0,2	1,4 0,6	1,2 0,4	2,4 0,9	1,6 0,8	2,1 1,0	1,3 0,6	1,1 0,4
Ti	X S	5,9 1,0	7,7 1,4	7,0 1,0	7,0 1,6	7,8 2,1	8,4 2,2	12,2 4,9	12,7 2,9	6,9 2,1
V	X S	1,8 0,4	5,7 8,5	2,2 0,5	1,6 0,4	1,7 0,5	2,0 0,7	1,5 0,4	1,8 0,4	1,4 0,6
Zn	X S	5,0 1,0	3,0 2,0	2,0 1,0	4,0 2,0	4,0 2,0	5,0 2,0	3,0 2,0	2,0 1,0	0,1 0,1
Zr	X S	8,0 2,0	12,0 1,0	12,0 4,0	7,0 3,0	II,0 3,0	28,0 5,0	14,0 12,0	22,0 4,0	8,0 3,0

ПРИМЕЧАНИЕ: В скобках дано количество анализированных образцов.

осадочных образований в пределах Талнахского рудного узла, а также для определения приуроченности аномалий конкретных элементов к определенным горизонтам разреза рассчитан показатель аномальности: $\text{Па} = \frac{\text{Na}}{N} \times 100$, где: Na - количество аномальных проб элемента, установленных в какой-либо породе; N - общее количество проб в данной выборке. Он вычислен как для положительных, так и для отрицательных аномалий, выявленных в породах, перекрывающих залежи медно-никелевых руд и рудоносный интрузив. Такой подход позволил более полно рассмотреть структуру первичного ореола Талнахского месторождения, плотность распределения аномальных точек. Кроме того, это позволяет в первом приближении выделить породы, благоприятные для осаждения или переноса ореолообразующих элементов из постмагматических растворов.

Рассмотрение особенностей распределения этого показателя (табл. 2) в горизонтах разреза позволяет отметить чрезвычайно не-выдержаный и разнообразный состав аномальных зон в различных разновидностях пород. Установленные при этом ассоциации элементов не имеют ничего общего с "типовыми" ассоциациями, выделенными методом многократной корреляции для базальтов Норильского района, что позволяет достаточно уверенно говорить об их наложенном характере. Вертикальная зональность представляется в следующем виде: $(\text{Cr}, \text{Ni}) \rightarrow \text{Pb} \rightarrow (\text{Ti}, \text{V}) \rightarrow \text{Zn}$ для положительных аномалий и $\text{Zn} \rightarrow (\text{Cu}, \text{Ba}, \text{Ni}) \rightarrow (\text{Ti}, \text{Mn})$ для отрицательных. Рассмотрение характера распределения аномальных точек в разрезе вулканитов позволяет выделить две группы элементов с противоположными тенденциями поведения показателей аномальности: для никеля, кобальта, хрома, цинка и бария он постепенно уменьшается от образований тунгусской серии к пикритовым базальтам сыверминской свиты, а для марганца, титана и ванадия растет в этом же направлении.

Рассмотрение объемной модели первичного ореола Талнахского месторождения позволяет сделать некоторые выводы. Зоны аномальных содержаний имеют достаточно большую мощность (до 400 м) и протяженность (до 1000-1500 м). В виде единичных или серий сближенных субпараллельных полос они протягиваются вдоль контактов рудоносного массива не только в пределах осадочных образований палеозоя, но и в толще вулканитов, контролируясь главным образом тектоническими нарушениями и литологическими особенностями пород. Эти зоны, накладываясь друг на друга, образуют практически непрерывную аномальную полосу, прослеживающуюся на значительном (до 1500 м) удалении по вертикали от рудного объекта.

Таблица 2

Ряды зональности, рассчитанные по показателям аномальности для вулканогенно-осадочных образований Талнахского рудного узла

С з и г а	П о р од а	П о л о ж и т е ль н ы е а н о м а л и и	О т р и ц а т е ль н ы е а н о м а л и и
Надеждинская	Порфирорные базальты	V (6I), Ti (3I) ¹	Pb (45), Ni (3I), Ba (39), Cr (30), Zn (38).
Тулонская	Базальты с толеитовой структурой	Ni (63), Co (47), Zn (38), Ba (29)	Mn (79), Ti (76)
Хаканчанская	Туфы и туффиты	Cr (65), Pb (4I), Zn (23)	Mn (62), Ni (53), Cu (47), Co (41), Ba (32)
Ольверминская	Циклоритовые базальты	V (45), Co (2I), Zn (9)	Pb (53), Ba (23)
	Порфирорные базальты	Ti (48), V (43), Cr (32), Ba (70), Zn (II)	
	Базальты с толеитовой структурой	Mn (52), Ti (42), V (4I), Pb (13)	Ni (44), Ba (36), Cu (2I)
	Андезиновые базальты	Mn (49), V (44), Ti (3I)	Ba (38), Cu (25), Zn (2I)
Бердалахская	Трахибазальты с титан-магитом	Pb (59), Cr (49)	Mn (68), Ni (6I), Cu (37), Co (37), V (32), Zn (23)
Гунгусская	Песчаники, алевролиты	Cr (42), Pb (28)	Cu (52), Ba (36), Mn (24)
серый	Известняк	Cr (72), Ni (38)	Zn (59)
Кадаргонская	Мергели, ангидриты	Cr (4I), Ni (28)	Pb (52), Zn (5I), V (33)
Мантуровская			

1 В скобках дано количество анализированных образцов.

При изучении первичного ореола Талнахского месторождения, фиксирующегося в толще вулканитов, по имеющимся материалам практически невозможно выделить ореолы залежей сульфидных руд и никеленосного интрузива, по-видимому, в пределах исследованной площади они пространственно совмещены. Этим, вероятно, объясняется наличие вкрапленных, прожилково-вкрапленных, брекчииевидных руд или интенсивных комплексных аномалий рудных элементов (медь, никель, кобальт) над залежами руд в верхнем экзоконтакте интрузива и пространственно совпадающих с ними высоко контрастных положительных аномалий хрома и титана, реже марганца, ванадия и бария. Мощность этих образований 20–40 м, удаление от контакта до 50–60 м. Выше по разрезу содержания никеля, кобальта и меди постепенно падают, появляются их отрицательные аномалии и локальные зоны повышенных концентраций свинца, цинка, молибдена, олова, серебра. По направлению к верхнему экзоконтакту интрузива, расщепляются на ряд зон и, заметно воздымаясь, удаляются от него. Параллельно происходят повышения содержаний в породах бария, стронция, хрома, титана и других элементов, появляются их аномалии значительной (до 150 м) мощности и протяженности. Своебразной особенностью строения первичного ореола рудоносного интрузива является наличие под флангами аномалий тех элементов, которыми вмещающие породы были обогащены еще в процессе своего образования. Например никеля, кобальта и хрома – в пикритовых, титана и циркония – в андезитовых базальтах.

Как уже отмечалось, большинство аномальных зон в толще вулканитов приурочены к тектоническим нарушениям, при этом характер нарушения зачастую определяет специфику аномальных зон вблизи его. Наиболее протяженные ореолы хрома, никеля, кобальта, титана и марганца приурочены к пологим тектоническим нарушениям, широко развитым в пределах Талнахского рудного узла [3]. Элементный состав их достаточно постоянен, контрастность, как правило, невысокая и падает по мере удаления от разлома. Иногда непосредственно в зоне разлома отмечаются маломощные (10–20 м) линейные зоны с аномально низкими содержаниями свинца, никеля и хрома. Вблизи крутоопадающих разрывных нарушений морфология ореола значительно усложняется. Аномалии представляют собой "переслаивание" зон аномально высоких и низких содержаний никеля, хрома, меди, кобальта, титана и других элементов мощностью от 20 до 50 м и протяженностью 100–300 м. Каждая из них характеризуется аномальным содержанием двух или более элементов.

Несколько иная картина наблюдается вблизи главного шва Но-

рильско-Хараэлахского разлома. Здесь характерны аномально-низкие количества практически всех ореолообразующих элементов. При этом в низах туфо-лавовой толщи в андезиновых базальтах и базальтах с толеитовой структурой преобладают отрицательные аномалии хрома, марганца, титана и цинка, выше по разрезу в порфиро-вых базальтах сибиринской свиты к ним присоединяются медь, кобальт, никель, ванадий, барий и свинец. По мере удаления от главного шва к западу аномалии выклиниваются, и на расстоянии 250-300 м отмечаются лишь маломощные зоны аномально низких концентраций меди и бария.

Как известно, важнейшим свойством первичного ореола является зональность. В пределах Талнахского месторождения она проявляется в смене элементных ассоциаций от экзоконтактовых руд к надфланговым участкам сульфидных залежей. Если вблизи первых локализуются аномалии никеля и кобальта, то дальше от руд возрастает роль меди и серебра, затем свинца, цинка и молибдена. Удаленные части ореолов, их внешние зоны характеризуются высоким содержанием в породах бария, хрома, титана и ванадия. Обобщенный ряд геохимической зональности, построенный по известной методике [1], может быть представлен следующим образом: (Ni, Cu, Ti, Ba, Zn) \rightarrow (Zn, Mo, Co) \rightarrow (Pb, Cr, V, Mn, Sn); однако в "чистом" виде в пределах Талнахского месторождения он наблюдается очень редко. Немалую роль в этом сыграли процессы метаморфизма рудоносного интрузива, обусловившие в ряде случаев уничтожение первичного ореола или перераспределение компонентов внутри его. В первую очередь это отразилось на характере распределения легко мигрирующих элементов - меди, цинка, свинца. Положительные и отрицательные аномалии этих элементов отмечаются в различных горизонтах разреза, а чаще всего вблизи зон дислокативных нарушений и в горизонтах легко проникаемых пород.

Полученные материалы позволяют усовершенствовать методику поисков медно-никелевых месторождений по их первичным ореолам.

Список литературы

1. Беус А.А., Григорян С.В. Геохимические методы поисков и разведки месторождений твердых полезных ископаемых. Л., "Недра", 1975.
2. Лодин Д.А. Некоторые закономерности распределения микроэлементов в тратах гор Хараэлах. - В кн.: Геология северо-запада Сибирской платформы, вып. I, М., Госгеолтехиздат, 1963.
3. Кравцов В.Ф., Седых Ю.Н., Гор Ю.Г. Геолого-структурные

особенности Талнахского рудного узла. - В кн.: Петрология и рудоносность Талнахских и Норильских дифференцированных интрузий. Л., "Недра", 1971.

4. Томановская Ю.И., Полькин Я.И. Закономерности распределения микроэлементов в вулканогенных породах трапповой формации северо-запада Сибирской платформы. - В кн.: Геология и полезные ископаемые Сибирской платформы, вып. 2, Л., "Недра", 1970.

РЕЗУЛЬТАТЫ ГЕОХИМИЧЕСКИХ ПОИСКОВ МЕДНО-НИКЕЛЕВЫХ
МЕСТОРОЖДЕНИЙ В ХАНАРСКОМ РАЙОНЕ

В 1978 г. на северо-востоке Тунгусской синеклизы в пределах Ханарского участка были проведены геохимические поиски, включавшие литогеохимическое опробование по первичным (1500 проб) и вторичным (1680 проб) ореолам. Методика отбора проб соответствует "Инструкции" [3]. Математическая обработка информации проводилась на ЭВМ БЭСМ-4 и Минск-32 по стандартным методикам [4, 7]. Кроме простых статистических критериев, в работе использованы корреляционный и регрессионный анализ.

В геологическом строении района участвуют терригенные отложения каменноугольно-пермского возраста (пелятинская и бургуклинская свиты общей мощностью 200–280 м), а также вулканогенные и вулканогенно-осадочные породы правобоярской свиты нижнего триаса (туфы, туффиты, афировые базальты) мощностью до 410 м. Осадочно-вулканогенные образования прорваны триасовыми пластовыми и пологосекущими изотропными и слаборасслоенными интрузиями основного состава. На участке широко развиты разрывные нарушения северо-западного, субширотного и северо-восточного простирания, являющиеся, очевидно, оперяющими и параллельными разломами крупной региональной системы Енисей-Гулинского дизъюнктива.

К изотропным интрузиям относятся пластовые и пологосекущие тела и дайки порфировидных долеритов и микродолеритов, широко развитые на окраинах участка и как бы окаймляющие Ханарскую и Циногирскую интрузии. К этому же типу относятся рвущие штокообразные тела бронзитовых долеритов, встреченные на северо-западе изучаемого участка на левобережье р.Ханар и в центре территории в междуречье рек Логоки и Циногир. В группу расслоенных образований входят Ханарская и Циногирская слабодифференцированные интрузии, причем первая по характеру дифференциации и химическому составу не имеет аналогов на северо-западе Сибирской платформы [9]. К Ханарской относится ряд мелких тел, выходящих на поверхность по берегам р.Логоки в центре участка: Хиргинская, собственно Ханарская, Логокинская и Северная общей площадью око-

- 99 -
ло 30–40 км²; максимальная мощность (по результатам бурения) 150 м. В ее строении можно выделить четыре основных горизонта (снизу вверх): а) контактовые оливиновые и оливинсодержащие долериты и микродолериты с вкрапленностью сульфидов, мощность 1–8 м; б) такситовые оливиновые габбро-долериты со шлирами и линзами троктолитовых, реже пикритовых габбро-долеритов; горизонт плохо выдержан по простиранию, часто выклинивается, к линзам пикритовых, иногда троктолитовых разностей приурочено убогое вкрапленное медно-никелевое оруденение, представленное халькопиритом, пирротином, пентландитом, в меньшей степени кубанитом, марказитом и магнетитом, в пределах Хиргинского массива обнаружена линза сплошных руд размером 0,75×1,5 м; мощность горизонта 0,90 м; в) оливиновые и оливинсодержащие габбро-долериты с линзами безоливиновых и такситовых разностей, мощность до 120 м; г) оливиновые и оливинсодержащие долериты, мощность до 30–50 м. Достаточно четкой границы между описанными горизонтами не существует, переходы постепенные. В экзоконтакте Ханарской интрузии развиты пироксен-плагиоклазовые, пироксен-кордиеритовые и кварц-полевошпатовые роговики мощностью от 0,5 до 5–8 м. Циногирская интрузия расположена на западе участка в виде линзы, вытянутой в меридиональном направлении и занимающей площадь около 30 км². Она сложена оливиновыми и оливинсодержащими габбро-долеритами, содержащими шлиры такситовых, троктолитовых и безоливиновых разностей.

Распределение большинства элементов в долеритах сравнительно однородное, вариация редко превышает величину 50%, содержания (табл. I) близки к кларку [5]. Исключением является поведение меди в песчаниках тунгусской серии. Здесь вариация резко возрастает до 122%, что, возможно, свидетельствует о значительной роли наложенных процессов. По сравнению с одноименными породами Норильской и Талнахской интрузий, концентрации меди, никеля и хрома во всех долеритах Ханарской площади в 2–3 раза меньше. При анализе корреляционных матриц во всех породах участка прослеживается сквозная положительная связь между титаном и цирконием. В терригенных отложениях, кроме того, отмечается и ассоциация кобальт-ванадий-хром-цинк. В долеритах дифференцированных интрузий устанавливаются две ведущие ассоциации: никель-меди-кобальт-хром и титан-цирконий-ванадий (марганец, цинк). Подобное четкое разделение элементов, как известно, характерно для рудоносных дифференцированных интрузий [1].

Региональные тенденции поведения микроэлементов в породах

Таблица I

Оценки некоторых параметров распределения микроэлементов в коренных породах Ханарского участка
(по данным спектрального количественного анализа)

Порода	Элементы																															
	Cu($n \cdot 10^{-3}\%$)				Ni($n \cdot 10^{-3}\%$)				Co ($n \cdot 10^{-3}\%$)				Cr($n \cdot 10^{-2}\%$)				Mn($n \cdot 10^{-1}\%$)				V($n \cdot 10^{-2}\%$)				Ti($n \cdot 10^{-1}\%$)				Zr($n \cdot 10^{-2}\%$)			
	Параметры																															
	n	X*	s	v	\bar{X}	s	v	\bar{X}	s	v	\bar{X}	s	v	\bar{X}	s	v	\bar{X}	s	v	\bar{X}	s	v	\bar{X}	s	v	\bar{X}	s	v				
Базальты с пойкилофито-интерсертальной структурой. Аянская свита	I6	I5,4	4,2	28	II,5	2,1	I8	5,2	0,6	I2	I,7	0,4	25	I,4	04	32	4,9	03	II	7,2	I,4	I9	7,0	I,5	22							
Плагиофировые базальты аянской свиты	I5	I5,9	5,8	37	I0,4	2,3	22	4,8	09	I9	I,6	05	30	I,3	04	3I	2,9	04	I6	7,0	I,6	22	7,5	09	I2							
Анамезиты правобоярской свиты	I3	II,8	3,8	32	I3,3	2,5	I9	5,3	08	I5	I,2	05	40	I,4	04	25	2,7	04	I4	6,9	2,5	36	9,4	3,3	35							
Песчаники тунгусской серии	I0	2,2	2,7	I22	2,6	I,5	56	I,3	0,4	34	04	02	50	07	06	84	07	03	40	2,9	I,2	4I	I9,0	8,I	48							
Микродолериты	I0	9,7	4,0	4I	7,0	3,4	49	5,0	03	6	07	03	43	I,4	04	26	3,0	0,2	6	6,9	09	I3	9,6	I,0	I0							
Оlivиновые долериты Циногирской интрузии	36	I0,3	4,I	40	I4,5	3,I	2I	6,6	07	II	I,8	06	3I	I,7	04	26	2,9	04	I2	7,4	I,4	I8	I0,5	3,7	35							
Оlivинсодержащие долериты Правобоярской площади	42	I3,I	6,7	5I	I0,3	4,9	47	5,I	0,9	I8	I,5	08	5I	I,4	06	40	2,8	06	22	7,0	2,4	34	8,I	3,I	38							
Оlivиновые габбро-долериты Ханарской интрузии	47	I0,3	6,4	62	I4,4	9,6	66	5,7	I,9	33	I,9	I,I	58	I,3	05	38	2,5	09	36	6,4	2,8	43	8,4	4,4	52							
Роговики и метасоматиты	II	I0,7	3,9	36	II,I	2,6	24	4,8	I,3	28	I,I	02	20	I,0	02	25	2,4	04	I8	5,6	I,3	23	8,3	2,2	27							

*

\bar{X} - среднее арифметическое содержание; s - стандартное отклонение; v - коэффициент вариации

отражаются в изоляциях трендовых поверхностей: I – никеля в долеритах дифференцированных интрузий, II – титана и III – меди в терригенных отложениях тунгусской серии. Максимальные концентрации никеля фиксируются в южной части площади над Ханарским массивом.

Резкое увеличение содержаний никеля наблюдается на крайнем северо-западе, в месте северного выхода интрузии. Согласно первой тенденции, а также принимая во внимание распределение аномалий на площади, перспективы участка на обнаружение медно-никелевых месторождений возрастают в северо-западном направлении. Аналогичным образом ведут себя в осадочных образованиях отношения никель-цирконий и никель-медь, а в долеритах дифференцированных интрузий – никель-медь, никель-cobальт и никель-цинк. Максимальные концентрации титана в терригенных отложениях, а также этого элемента, марганца и циркония в долеритах недифференцированных интрузий тяготеют к восточной половине территории, к выходам Циногирской интрузии, что, по мнению автора, свидетельствует о малой перспективности центральной части массива на медно-никелевое оруденение. Третью геохимическую тенденцию характеризует закономерное увеличение концентраций меди в северном направлении.

В четвертичных отложениях участка (табл.2), по сравнению с таковыми для Талнахско-Вальковской площади (северо-запад Сибирской платформы), отмечаются повышенные (в 1,5-2 раза) содержания никеля, меди и кобальта. Распределение элементов в основном равномерное. Методом многократной корреляции [2] здесь устанавливаются две ассоциации элементов: ванадий-марганец-кобальт-медь-никель и цинк-свинец-цирконий-титан-хром. Близость схем ветвящихся связей микроэлементов в четвертичных отложениях и долеритах дифференцированных интрузий позволяет предположить, что на геохимическую специализацию первых решающее влияние оказывала миграция элементов из интрузивных образований, залегающих в близповерхностных условиях и отличающихся резко повышенными содержаниями рудных элементов. Этим же фактором объясняется и обогащение рыхлых отложений медью, никелем и кобальтом.

Таблица 2

Оценки некоторых параметров распределения микроэлементов в четвертичных отложениях Ханарского участка (в %) (по результатам спектрального полуколичественного анализа 1680 проб)

Параметр	Cu	Ni	Co	Cr	Mn	V	Zn
Х	0,006	0,006	0,003	0,007	0,06	0,011	0,009

Продолжение таблицы 2

Параметр	Cu	Ni	Co	Cr	Mn	V	Zn
g	0,003	0,004	0,001	0,004	0,04	0,004	0,002
Pb		Ti	Zr	Ba		B	P
Х	0,0012	0,54	0,010	0,026	0,0014	0,06	
S	0,0006	0,12	0,004	0,000	0,0008	0,03	

Карты изоляций трендовых поверхностей, построенных по результатам анализа почвенных проб, подтверждают данные коренной литогеохимии, а также выявляют новую тенденцию поведения никеля и титана в рыхлых отложениях – присутствие в центральной части площади зоны пониженных содержаний этих элементов.

В коренных породах и рыхлых отложениях установлено большое число геохимических аномалий меди, никеля, хрома площадью до 4 км², а также точечные концентрации ниobia, иттрия, селена и других редких и рассеянных элементов.

Большинство площадных положительных аномалий в коренных породах фиксируется в южной половине участка, в пределах зоны шириной 5-8 км, протягивающейся в северо-западном направлении вдоль р.Логоки (рис.1). Контрастные комплексные ореолы никеля, меди, хрома, кобальта, марганца и титана приурочены к выходам Ханарской и Циногирской интрузий и локализуются, как правило, в оливиновых или таксидовых габбро-долеритах и на их контактах. Основным ореолообразующим элементом, четко оконтуривающим выходы Ханарской интрузии, является никель; медь, обладающая наибольшей миграционной способностью, образует несколько оторванных ореолов. В пределах полей с повышенными содержаниями никеля всегда фиксируются более мелкие аномалии хрома. Горизонтальную зональность аномального геохимического поля, связанного с Ханарской интрузией, можно выразить следующим рядом: хром никель (кобальт, титан, марганец) – медь.

Большинство аномалий в рыхлых отложениях являются несмешенными или незначительно смешенными; они распространены на склонах малой, редко средней крутизны или плоских слабовыпуклых водоразделах, занимают площадь до 3-5 км² и характеризуются высокой изменчивостью содержаний (контрастностью). Аномалии меди, никеля, кобальта, хрома и других элементов оконтуривают развалы и коренные выходы дифференцированных интрузий и отражают механические, в меньшей степени солевые ореолы интрузивных тел (рис.2). Характерно, что повышенные концентрации никеля (преобладает в

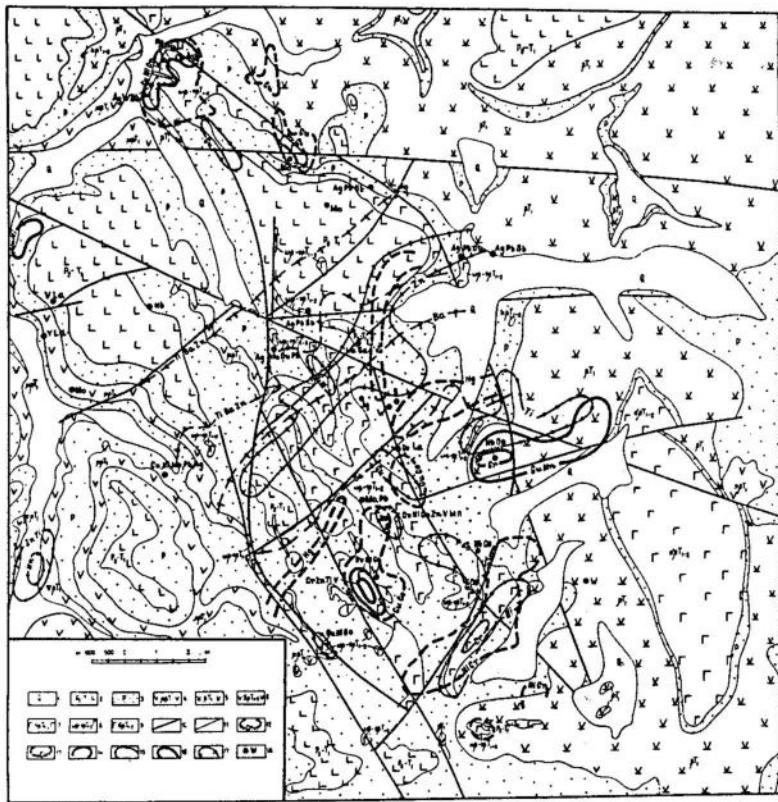


Рис. 1. Прогнозная геохимическая карта Ханарского участка
I - четвертичные отложения, 2 - правобоярская свита: туфы, базальты; 3 - тунгусская серия: песчаники, алевролиты, пласти каменного угля; 4 - изотропные интрузии: 4 - микродолеритов, 5 - оливинсодержащих долеритов, 6 - перфировидных микродолеритов, 7 - бронзитовых долеритов; 8-9 - расслоенные интрузии: 8 - Ханарская, 9 - Циногирская; 10 - тектонические нарушения, 11 - геологические границы, 12-13 - геохимические аномалии: 12 - в киранных поясах, 13 - в рыхлых отложениях; 14-15 - контрастность аномалий: 14 - контрастные, 15 - слабые; 16-18 - характер аномалий: 16 - положительные, 17 - отрицательные

- 103 -
ореолах) фиксируются только над выходами Ханарской интрузии, в то время как "оторванные" аномалии меди наблюдаются и над Циногирской интрузией и прослеживаются в субмеридиональной зоне, имеющей ширину на юге 4-5 км, на севере - до 2 км.



Рис.2. Карта литогеохимических аномалий

I - суглинки, 2 - супеси, 3 - геологические границы, 4-6 - аномалии: 4 - площадные положительные, 5 - площадные отрицательные титана, бария и цинка, 6 - точечные, 7 - пробуренные скважины

но совпадающая с серией мелких тектонических нарушений, опирающихся субширотный разлом. Здесь же встречены точечные концентрации серебра (до 10 г/т), свинца, меди, никеля, кобальта, а также ниobia, лантана, иттрия и т.д. К южной границе описанной зоны приурочены и две удлиненные лentoобразные аномалии ртути.

Наибольший интерес представляет зона пониженных (\bar{X} -IS) содержаний бария, цинка и титана (рис.2), пересекающая участок в центральной части площади с юго-запада на северо-восток, имеющая ширину до 6-7 км и пространствен-

данным многих исследователей [6, 8], ореолы ртути чаще всего фиксируют разрывные нарушения. В пределах изученных сульфидных месторождений содержание ртути в переддробленных породах на 1-3 порядка выше, чем в монолите, причем наиболее благоприятны для сорбции-углистые породы и песчаники. На Ханарском участке ртуть приурочена к супесям, перекрывающим терригенные образования тунгусской серии, что дает основание предположить ее сорбирование из зон разломов.

Рассмотренные материалы позволяют сделать следующие выводы:

1. Аномалии первой генетической группы (Cu, Ni, Cr и др.) в преобладающем большинстве отражают ореолы интрузий, содержащих сульфидную вкрапленность, и их связь срудными телами маловероятна.

2. Слабая расслоенность интрузий, невысокие концентрации основных рудных элементов (низкая геохимическая специализация первого рода), малые величины дисперсий и вариаций (специализация второго рода) не позволяют предполагать наличие крупных и средних месторождений на изученной площади, хотя мелкие тела должны присутствовать. Принимая во внимание результаты неполиномиального тренд-анализа, перспективы на обнаружение месторождений медно-никелевых руд увеличиваются к северу и северо-западу от исследованной территории.

3. Большой интерес представляют аномалии второй генетической группы. Секущий характер отрицательных аномалий бария, титана и цинка, совпадение их с ореолами ртути и точечными концентрациями серебра, свинца и никеля, наличие лития и бора в пробах позволяют говорить о существовании крупной зоны гидротермальной проработки, связанной с молодыми разломами, операющими и параллельными региональной зоне Енисей-Гуллинского дизъюнктива. Все перечисленное дает основание предполагать широкое проявление в районе процессов мезозойской тектономагматической активизации, с которыми могут быть связаны различные рудные тела гидротермального генезиса.

Вышеизложенное позволяет рекомендовать в северо-восточной части Тунгусской синеклизы постановку региональных геохимических поисков масштаба 1:200 000 на площади междуречья рек Пр.Боярка-Маймечка (7-10 тыс.кв.км) с последующей детализацией перспективных участков комплексом геохимических и геофизических методов.

При проведении работ рекомендуется обращать особое внимание на ассоциации микроэлементов в рыхлых отложениях, так как именно они наиболее четко отражают состав коренных подстилающих пород.

Список литературы

1. Архипова А.И. Геохимическая характеристика интрузивных траппов Норильского плато. Л., "Недра", 1975, 134 с.
2. Бурков Ю.К. Статистическая модель ряда подвижности малых элементов в условиях седиментогенеза. - В кн.: Математические методы в геологии: Л., 1968, с.93-97 (Труды ВСЕГЕИ, т.150).
3. Инструкция по геохимическим методам поисков рудных месторождений. М., "Недра", 1965, 226 с.
4. Каждан А.Б., Гуськов О.П., Шиманский А.А. Математическое моделирование в геологии и разведке подземных ископаемых. М., "Недра", 1979, 167 с.
5. Краткий справочник по геохимии. М., "Недра", 1977, 182 с. (Авторы Г.В.Войтекевич, А.И.Мирошников, А.С.Поваренных и др.).
6. Озерова Н.А. О дегазации ртути из глубин земли. - В кн.: Геохимия процессов миграции рудных элементов. (Под ред. Н.И.Хитрова, Н.А.Озеровой, А.И.Перельмана и др.). М.: "Наука", 1977, с.15-35.
7. Программы для БЭСМ-4. Л., 1976.
8. Сауков А.А. Геохимические очерки. М., "Недра", 1976, 554с.
9. Тараковский А.Н., Старицына Г.Н. Ханарская рудоносная интрузия. - В кн.: Медно-никелевые руды северо-запада Сибирской платформы. Л., 1975, с.24-31 (НИИГА).

УДК [552.08 : 549] : 621.928.16.2 : [550.84 + 551.345]
И.А. НАТОРХИН, А.И. АРХИПОВА

О ТЕНДЕНЦИЯХ РАСПРЕДЕЛЕНИЯ ХИМИЧЕСКИХ ЭЛЕМЕНТОВ
В ГРАНУЛОМЕТРИЧЕСКИХ ФРАКЦИЯХ ПРОБ
(В СВЯЗИ С ДИАГНОСТИКОЙ ГЕОХИМИЧЕСКИХ АНОМАЛИЙ
В КРИОГЕННОЙ ЗОНЕ ТРАППОВОГО ПОЛЯ)

Результативность поисков рудных месторождений на севере Сибири в значительной мере ограничивается плохой обнаженностью и преобладанием мерзлых грунтов с переувлажненным деятельным слоем. В связи с этим при решении поисковой задачи должно, очевидно, широко применяться литогеохимическое опробование с целью обнаружения вторичных ореолов и потоков рассеяния, а также необходимо учитывать влияние криогенных факторов на формирование geoхимических полей. Это влияние осуществляется опосредственно, через проявление гравитационно-гранулометрического фракционирования "рыхлого" обломочного материала [4, 5] в пределах таких микроландшафтных систем, как полигональные грунты на плоских пологонаклонных поверхностях и солифлюкционных образованиях [2, 4]. Изменение geoхимических полей в элювиально-делювиальных комплексах, подвергшихся воздействию криогенных факторов с эрозионно-аккумулятивной и транспортирующей направленностью, имеет сложный характер и требует всестороннего изучения.

В данном сообщении рассматривается вопрос о возможных флюктуациях содержания элементов в пробах обломочных образований по трappовому субстрату при проявлении гранулометрического фракционирования. Определенная трудность связана с выбором исходных проб: природный элювиально-делювиальный материал безусловно уже подвержен гравитационно-гранулометрической дифференциации и для освещения поставленного вопроса потребовалось бы использовать пробы большой массы. Более пригодны, по-видимому, искусственно раздробленные пробы трappовых пород, причем в качестве обобщенного аналога трappов целесообразно использовать вулканогенно-обломочные породы, в состав которых входят, как известно, разнообразные продукты эфузивной, эксплозивной и интрузивной фаций.

Представленная совокупность проб вулканогенно-обломочных пород пермско-триасовой трappовой формации выбрана из коллекции более чем 600 проб, отобранных по разрезам туфо-лавовой толщи на северо-западе Сибирской платформы. Принцип отбора заключался в отыскании проб пород, в наименьшей мере подвергнувшихся гидро-термальным изменениям и характеризующих различные статистические группировки, обособляющиеся по следующим признакам: плотность, магнитная восприимчивость, содержание литофильных, сидерофильных и халькофильных химических элементов. В эту совокупность вошло 24 пробы, которые были затем раздроблены и разделены на гранулометрические фракции, в которых определены содержания 42 химических элементов. При анализе особенностей распределения этих элементов в зависимости от крупности материала было еще раз произведено сокращение количества рассматриваемых проб до II, которые отражают все вариации распределения¹.

В I группу представительных проб включены туфы, туффиты и вулканогенно-осадочные образования (таблица I). Они содержат обломки вулканического стекла, различных разновидностей базальтов, интрузивных образований, алевроаргиллитов и песчаников тунгусской серии, а также обломки породообразующих минералов - плагиоклаза, пироксено, кварца, титаномагнетита и др. Ксеногенный материал наиболее распространен в вулканогенно-обломочных породах хакан-чанской и двурогийской свит. Гидротермальные изменения, фиксируемые в пробах вулканогенно-обломочных пород, проявились в виде незначительной цеолитизации (проба I, 5), карбонатизации (пробы 9, 10), лимонитизации (пробы 7, 8, II). Вес каждой пробы 300 - 400 г.

Дробление проб производилось в закрытых стаканах вибрострателя в течение 30-45 с., чтобы обеспечить некоторые гранулометрические вариации. Затем пробы рассеивались на ситах с ячейками 1-0,5-0,25-0,125 мм, а более мелкий материал отставался в отсадочных емкостях со слабым водным потоком так (в соответствии с законом Стокса)², чтобы обеспечить выделение гранулометрических фракций с приблизительным размером частиц в интервалах 0,063-0,032 - 0,016-0,008 и 0,004 мм. В выделенных гранулометрических фракциях проб определялось содержание натрия и калия (количественным спектральным методом), титана, хрома, вавадия, никеля, меди, цинка, свинца, олова, галлия, скандия, циркония, ниobia и некоторых

¹ Изучение распределения химических элементов в гранулометрических фракциях проб производилось при участии А.С. Терентьевой.

² Разделение мелкого обломочного материала в водной среде произведено в лаборатории петрофизических исследований НИО "Севморгео" при участии Л.А. Чайки и А.С. Терентьевой.

Таблица I

Содержание элементов (вес.%) и значения магнитной восприимчивости в пробах вулканогенно-обломочных пород

П о р о д а	Na	K	$Ti \cdot 10^{-2}$	$(Cr \cdot 10^{-3})$	$V \cdot 10^{-3}$	$Ni \cdot 10^{-3}$	$Zn \cdot 10^{-3}$	$Pb \cdot 10^{-3}$	$Sn \cdot 10^{-4}$	$Ga \cdot 10^{-3}$	$Ge \cdot 10^{-3}$	$Zr \cdot 10^{-3}$	$W \cdot 10^{-3}$	X	
1 Давидиевский туф	1,77	0,95	44	24	32	11	21	14	1,8	1	1,2	12	10	0,4	9
2 Алевритовый туфрит	1,63	0,63	30	8	22	8	20	25	0,9	0,5	0,7	18	5	0,3	163
3 Псаммитовый туфо-песчаник	2,09	0,46	41	11	35	11	23	30	0,9	0,4	1,2	11	5	0,3	15
4 Давидиевский туф	2,34	0,62	41	29	34	18	14	19	0,5	0,3	0,8	10	5	0,3	7
5 Вулканический цемент туфа	2,23	0,87	23	27	27	9	16	14	0,7	1,1	0,8	7	2	0,3	6
6 Псаммитовый туфрит	2,32	0,62	32	34	33	11	21	34	1,0	0,5	1,2	9	7	0,4	10
7 Туфоаргиллит	1,03	2,70	36	22	34	10	19	31	1,9	0,8	1,5	4	10	0,5	11
8 Туфоаргиллит	0,87	2,55	38	8	44	10	21	21	0,7	0,6	1,1	11	7	0,3	175
9 Туфогравелит	1,04	1,96	43	22	40	17	23	31	0,7	0,5	1,2	10	7	0,3	77
10 Туфопесчаник	2,81	0,98	23	29	35	9	11	33	2,1	0,6	1,5	7	6	0,3	42
II Вулканомиктовый песчаник	2,60	1,71	37	10	24	4	9	28	2,1	1,8	1,1	9	9	0,8	54

ПРИМЕЧАНИЕ: Изученные породы относятся к следующим свитам Норильского района: 1, 4, 5 - хаканчанская, 6, 7, 10 - гудчихинской, 3 - надеждинской, 2 - двурогинской, 8, 9, II - моронговской.

- I08 -

других неучтенных при дальнейшем рассмотрении элементов (приближенноколичественным спектральным методом).

Измеренное содержание химических элементов в пробах (таблица I) удовлетворительно согласуется с вычисленными значениями средневзвешенного содержания (с учетом массы гранулометрических фракций) тех же элементов в соответствующих пробах, что свидетельствует о незначительности потерь материала в процессе гранулометрического разделения.

Интенсивность измельчения проб преднамеренно варьировалась так, чтобы проконтролировать вариации распределения элементов в гранулометрических инградиентах. Наиболее интенсивному дроблению подверглись пробы № 7 и II, самые крупные фракции в которых 0,125-0,5 мм (рис. I). Менее интенсивно передроблены пробы I, 4, 5, 6, 8, 10 с максимальным размером частиц 0,5-1 мм. Еще незначительнее раздроблены пробы 2, 3, 9, содержащие частицы крупнее 1 мм (рис. I).

Несмотря на петро-геохимические различия и вариации измельчения рассматриваемых проб, наблюдаются общие тенденции концентрирования химических элементов в гранулометрических фракциях. Эти тенденции видны на графиках (рис. 2), построенных выборочно по пробам, отражающим вариации состава и измельчения. Они характеризуются следующими чертами.

Содержание натрия до вольно монотонно понижается от крупных фракций к мелкой. Также распределяется калий, кроме пород с высоким его содержанием (проба 7).

Содержание титана достигает максимальных значений во фракциях мельче 0,016 мм, причем не всегда в самом тонком материале.

Поведение скандия неоднозначно: содержание его обычно повышается в тонкозернистом материале, начиная с 0,032 или 0,016 мм, но в некоторых пробах может постепенно уменьшаться от крупных фракций к мелкой. Приблизительно такими же чертами характеризуется распределение циркония.

Никель, медь, цинк, свинец, олово концентрируются преимуще-

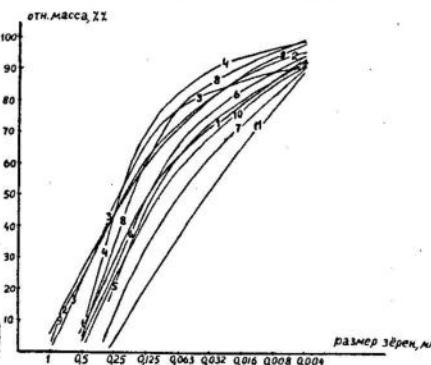


Рис. I. Гранулометрическая характеристика раздробленных проб (номера проб соответствуют таблице I)

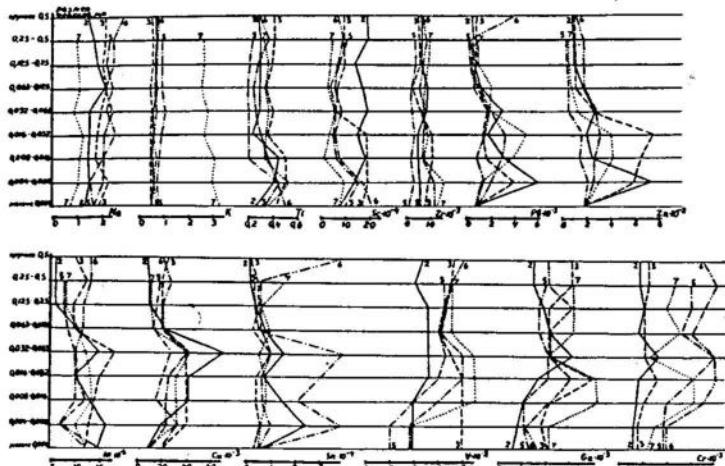


Рис.2. Изменение содержания элементов в гранулометрических фракциях проб (2, 3, 5, 6, 7 – вариолитные проб, соответствующие номерам в таблице I)

ственно во фракциях мельче 0,125 мм, причем содержание цветных металлов возрастает в 3–5 раз. Фракции с максимальными содержаниями рассматриваемых элементов различны: самая мелкая (мельче 0,004 мм) – для никеля и иногда для цинка и ртути, более крупная (0,004–0,016 мм) – для свинца и олова, и еще более крупная (до 0,063 мм) – для меди.

Повышенная концентрация хрома и галлия отмечается в промежуточной по крупности фракции – от 0,016 до 0,063 мм.

Отмеченные тенденции распределения химических элементов в значительной мере определяются физической прочностью концентрирующих их минеральных компонентов. Согласно рассмотренным эмпирическим данным, с учетом распределения элементов между минералами [1], прочность на дробление уменьшается в ряду: плагиоклаз (концентрирующий натрий), моноклинный пироксен (индикатором которого является хром), титаномагнетит (концентрирующий титан), оливин (фиксируемый по повышенному содержанию никеля). Этот ряд совпадает в основном с рядом устойчивости минералов к транспортировке в природных субаквальных фациях, по данным А.А.Кухаренко, И.И.Гинзбурга, В.П.Казаринова и др. Значительный интерес представляет изучение причины накопления свинца, цинка и олова в промежуточном по крупности материале. По-видимому, возможность сорбционных процессов с участием этих элементов, предполагаемая при объяснении концентрирования их в тонкодисперсном материале

[3], реализуется не всегда. Очевидно целесообразно продолжить изучение этого вопроса.

Для характеристики общих закономерностей распределения химических элементов в гранулометрических фракциях удобнее учитывать не значение содержания этих элементов, варьирующие в зависимости от геохимических особенностей самих проб, а значения относительной концентрации. Последние вычисляются как отношение содержания элемента в каждой гранулометрической фракции к среднему (средневзвешенному) содержанию во всей пробе. Поскольку тенденции распределения некоторых элементов резко изменяются на нескольких границах гранулометрических классов, представляется возможным объединить данные по соседним гранулометрическим фракциям, выделяя три группы: "крупнообломочную" (материал крупнее 0,032 мм), "среднеобломочную" (материал от 0,008 до 0,032 мм) и "мелкообломочную" (материал мельче 0,008 мм).

Соотношения средних арифметических значений относительной концентрации элементов по группам гранулометрических фракций всех проанализированных проб позволяет заметить ассоциации элементов, накапливающихся в обломочном материале различного размера (таблица 2). Наиболее контрастно распределяются свинец, цинк, олово, медь и никель, относительная концентрация которых значительно превышает средний уровень (равный 100), в "средне- и мелкообломочном материале (мельче 0,008 мм) концентрируется также титан, скандий и цирконий. Преимущественно в "среднеобломочной" группе фракций (с размером частиц от 0,008 до 0,032 мм) накапливается хром, ванадий и галлий. Независимость отмеченных ассоциаций элементов от режима измельчения проб подтверждается корреляционными матрицами, вычисленными для двух совокупностей проб, измельченных менее и более интенсивно (таблица 3).

Таким образом, при сепарации обломочного материала, образующегося вследствие дробления вулканогенно-обломочных пород трапповой формации, проявляются три специфические ассоциации элементов, в определенной мере обусловленные, по-видимому, различной физической прочностью минеральных компонентов, концентрирующих соответствующие элементы. В состав этих ассоциаций входят рудные элементы, которые могут "создавать" повышенные концентрации (аномалии) именно за счет проявления процессов разделения обломочного материала по крупности. Одним из признаков таких нерудных аномалий является их комплексность: совмещенные аномалии никеля, меди, цинка, свинца, олова или титана, скандия, циркония или хрома, ванадия, галлия могут быть обусловлены не только рудными телами, что следует учитывать, очевидно, при интерпретации результатов

Таблица 2

Характеристика вариаций относительной концентрации элементов в группах гранулометрических фракций

Группы Фракций	Значения статистик вариации	Э л е м е н т												
		Na	K	Ti	Cr	V	Ni	Cu	Zn	Pb	Sn	Ga	Sc	Zr
Средние арифметические значения														
"Крупнообломочная"	101	101	96	104	102	90	77	60	58	81	102	101	97	92
"Среднеобломочная"	100	95	94	127	111	123	163	197	276	188	118	87	106	113
"Мелкообломочная"	86	89	149	73	80	121	162	262	227	189	70	148	130	146
Среднеквадратичные отклонения														
"Крупнообломочная"	8,6	8,5	8,5	9,2	8,1	13	23	24	25	39	20	19	18	15
"Среднеобломочная"	12	9,1	16	42	11	22	54	97	68	84	28	21	30	24
"Мелкообломочная"	II	8,4	108	23	25	39	89	157	163	122	26	51	46	59

ПРИМЕЧАНИЕ: В группу "крупнообломочных" фракций (крупнее 0,032 мм) включены 32 пробы, в группу "среднеобломочных" фракций (от 0,032 до 0,008 мм) – 19 проб, в группу "мелкообломочных" фракций (мелче 0,008 мм) – 18 проб.

- II2 -

- III3 -

Таблица 3

Матрица парных коэффициентов корреляции между значениями относительной концентрации элементов в гранулометрических фракциях проб для двух вариантов дробления проб

	Na	K	Ti	Cr	V	Ni	Cu	Zn	Pb	Sn	Ga	Sc	Zr
K	40 48												
Ti		50											
Cr			61										
V				32									
Ni					77								
Cu						34							
Zn							43						
Pb								48					
Sn									47				
Ga										48			
Sc											47		
Zr												46	
Nb													45

ПРИМЕЧАНИЕ: В верхней и нижней зонах ячеек приведены значения коэффициентов корреляции (умноженные на 100), превышающие критические при 0,10 – уровне значимости, соответственно для варианта менее и более интенсивного дробления проб (26 и 32 проб). Критические значения коэффициентов корреляции для этих вариантов следующие: при 0,10- и 0,05-уровнях значимости: 32 и 38, 29 и 34.

литогеохимического опробования рыхлых отложений на трапповом субстрате, проводимого с целью обнаружения вторичных ореолов рассеяния.

Прикладное значение отмеченных закономерностей для поисковой геохимии на севере Сибирской платформы, где криогенные процессы играют существенную роль в эволюции элювиально-делювиальных образований, заключается в возможности диагностировать нерудные геохимические аномалии, которые могут возникать в связи с проявлением гранулометрического фракционирования обломочного материала. Пробы, фиксирующие такие аномалии, приурочены к средним и фронтальным частям солифлюкционных потоков, а также к наиболее развитым очажкам "мерзлотного всучивания", в которых накапливается тонкообломочный материал, наиболее подвижный при криогенных процессах. Некоторые тектонические разрывы, контролирующие миграцию подземных (межмерзлотных и надмерзлотных) вод и проявляющиеся на земной поверхности как зоны "просачивающихся" водотоков, также могут характеризоваться повышенной концентрацией некоторых химических элементов за счет гранулометрического сегрегирования элювиально-делювиального материала без всякой связи срудными телами. Описываемыенерудные геохимические аномалии имеют индивидуальные черты: они возникают в определенных фациях криолитогенеза (с накоплением тонкообломочного материала) и им присуща определенная структура, формирующаяся в связи с особенностями вещественного состава субстрата. По-видимому, такие геохимические аномалии целесообразно выделять как самостоятельный класс и обозначать их специальным термином, например криосегрегационныенерудные геохимические аномалии.

Рассматриваемые геохимические аномалии широко распространены в северной части траппового поля Сибири и своевременная их диагностика, позволяющая предупреждать ненужные затраты на дальнейшие поисковые работы, имеет большое практическое значение.

Список литературы

1. Архипова А.И. Геохимическая характеристика интрузивных траппов Норильского плато. Л., "Недра", 1975, 135 с. (Труды НИИ ГА, т.177).
2. Иванова А.М., Куликов Ю.С., Егорова И.С. Геохимические ландшафты Яно-Индигирского региона. Л., "Недра", 1974, 168 с. (Труды НИИГА, т.175).
3. Квятковский Е.М., Майоров Н.Ф., Стуклей Г.А. Геохимиче-

ские методы поисков рудных месторождений в районе развития моренных отложений. - В кн.: Геохимические методы поисков глубоко-залегающих рудных месторождений. Новосибирск, "Наука", 1980, с.46-51.

4. Орлов В.О. Криогенное пучение тонкодисперсных грунтов. М., Изд-во АН СССР, 1967, 185 с.

5. Попов А.И. Мерзлотные явления в земной коре (криолитология). М., Изд-во МГУ, 1967, 304 с.

ПРИМЕНЕНИЕ ГРАВИРАЗВЕДКИ ДЛЯ ПОИСКОВ ГЛУБОКОЗАЛЕГАЮЩИХ
МЕДНО-НИКЕЛЕВЫХ МЕСТОРОЖДЕНИЙ В НОРИЛЬСКОМ РАЙОНЕ

До недавнего времени общепринятым было мнение, что рудноносные дифференцированные интрузии могут фиксироваться гравиразведкой при залегании их на глубинах до 500–600 м. Это утверждение базировалось на анализе условий залегания никеленосных интрузивов, имеющих мощность от 100 до 300 м, и их избыточной плотности.

Плотность вулканогенно-осадочных образований чехла северо-запада Сибирской платформы изучалась в разные годы Д.Г.Успенским, Л.П.Мутовкиной, П.И.Касаткиным, В.В.Хмылевым, Г.Ф.Велиходским, И.Д.Волковым, М.М.Макеевым, Э.А.Калининой, Э.Н.Линдом, А.В.Черним, Г.А.Голодковской, В.И.Демидович и др.

Наиболее полно результаты определений плотности (около 23 тысяч определений), проведенных в Норильском районе за период с 1941 по 1962 гг., обобщены в работе И.Д.Волкова и др. [2].

В последующие годы в связи с интенсивным исследованием района поисковым и картировочным бурением дополнительно появилось значительное количество определений плотности (около 27 тысяч), в том числе по нижнепалеозойскому структурному ярусу, что существенно дополняет данные И.Д.Волкова.

Вся исходная информация первоначально была систематизирована автором по ее принадлежности к участкам с одинаковыми структурно-фацальными характеристиками разреза. Статистическая обработка данных осуществлялась в следующем виде: 1) подсчитывались вероятные (при представительных выборках) или средние значения плотности тех или иных одновозрастных литологических разновидностей пород; 2) вычислялись средневзвешенные значения плотности пород в объеме свит (ярусов), комплексов, систем с учетом процентного содержания отдельных разностей; 3) определялись средние значения плотности образований чехла в целом, причем за веса принимались мощности разреза соответствующих стратиграфических подразделений.

Результаты обобщений представлены в таблицах I, 2.

Анализ таблиц совместно с геологическими данными о страти-

Таблица I

Система	Отдел	Ярус (подъ- ярус)	Свата, серия, толща	Литологическая характеристика	Мощность	Средневзвешенная плотность		
						обра- зцов	свит, арусов, комплексов	
Четвертич- ная Пресно-чело- вая	Средний			Глины, пески, галечники	0–280	88	2,10	
				Базальты афировые, порфирине- тусы	0–1500	63	2,26	
				Базальты глинеронорфирине- тусы	150	–	–	
				Базальты, глинерорпорфирине- тусы	300–320	–	–	
				Базальты, глинерорпорфирине- тусы, пойкилоофитовые, туфи	570–600	256	2,78	
	Триасовая			Базальты, афировые, порфиро- вые, туфи	250–750	469	2,73	
				Базальты порфирине, глинеро- порфирине, олигопорфирине, туфи	450–515	3065	2,78	
				Базальты толеитовые	40–60	278	2,75	
				Базальты пикритовые, порфиро- вые, туфи	130–190	1768	2,74	
				Базальты толеитовые, пикрито- офитовые	120–160	1568	2,73	
Каменно- угольная	Нижний			Базальты титан-эвтекточные, ла- садоровные, двуполовинчатые,	90–160	1685	2,75	
				туфи	Аргиллит, алевролиты, песча- ники, угли	135–500	2864	2,50
					Мергели, известняки, доломиты	0–260	121	2,70
	Верхний				Тунгус- ская			
						Вязейский Турнейский		

Продолжение таблицы I

Система	Отдел	Ярус (подъ-ярус)	Сырья, серия, толща	Литологическая характеристика	Мощность	Коли-чество образ-зов	Среднезернистая плотность ярусов комплексов
Девонская	Верхний Средний	Франокий Эмель-ский	Франокская Каларгон-ская Накохоз-ская	Мергели, ангидрит, доломиты Доломиты, известняки, ангидриты Мергели, ангидриты, ангидриты	0-260 140-180	1004 1191	2,73 2,73
	Нижний	Эзенский Кединский	Эзенская Кунгурская	Аргиллиты, мергели, доломиты Аргиллиты, мергели, доломиты Доломиты, известняки, мергели	25-96 120-218 40-110	668 155 189	2,75 2,73 2,67
Силурийская	Верхний Нижний Средний	Лудновский Бельовор-ский Магазей-ский Кизилулук-кий Верхне-чусский Нижне-чусский Усть-Кут-ский	Лудновская Зубовская Куретская Нанская	Известники Мергели, ангидриты, доломиты Доломиты, известняки, мергели Аргиллиты, известняки, гравийные сланцы Аргиллиты, мергели Аргиллиты, известняки Аргиллиты, мергели Доломиты, ангидриты, аргиллиты Доломиты, известняки Известники	75-90 50-245 120-290 100-200 230-450 20-100 100-178 155-200 100-290 878 193 322 831 193 263	322 878 120 2,73 2,76 2,75 2,76 2,75 2,75 2,68 54 113 168 52 2,74	2,73 2,76 2,75 2,75 2,68 2,68 2,71 2,68 2,75 2,75 2,75 2,75
Ордовикская	Нижний	Тюмен-шинская	Тюмень	Известники	80-95	183	2,71

Таблица 2
Продолжение таблицы I

Система	Отдел	Ярус (подъ-ярус)	Сырья, серия, толща	Литологическая характеристика	Мощность	Коли-чество образ-зов	Среднезернистая плотность ярусов комплексов
Кембрийская	Верхний Средний	Ленский Алданский	Чопкинская Оронская	Известники Известники Известники Доломиты, известники, песчаники Алевролиты, песчаники, превалиты, конгломераты Известники, глинистые сланцы	1000 170 165-225 450 450 700-950 300	- - 106 100 100 130	- - 2,65 2,57 2,57 2,70
Протерозой-ская	Верхний			Метаморфизованные известники, мергели, филлитизированные сланцы, фyllиты (фyllамент)			-

Плотность интрузивных трраппов в Норильского района

Комплекс	Характеристика сообществ пород	Мощность, м	Коли-чество образ-зов	Среднезернистая плотность, г/см ³
Болхтохский	Верхнемезозойские (?) гранит-порфирь	400	41	2,58
Далдканский	Недифференцированные интрузии долеритов и микродолеритов	200	421	2,99
Норильский	Дифференцированные интрузии габбро-долеритов	100-300	2782	2,96
Моронговский	Дифференцированные интрузии долеритов и габбро-долеритов	100-200	310	3,01
Оговерский	Интрузии оливинодорожных долеритов и габбро-долеритов	50	277	2,93
Веттинский	Интрузии порфировидных долеритов	100-300	56	2,94
Ергалахский	Титан-албитовые долериты	20-50	391	2,91

графическом уровне локализации рудоносных интрузий Норильского типа, охватывающем разрез от нижнего девона до нижней части эфузивной толщи включительно, показывает, что их избыточная плотность колеблется от 0,2 до 0,46 г/см³ в зависимости от состава вмещающих пород. Однако подобный плотностной разрез является неполным: он не учитывает значительный ореол контактово-измененных пород, имеющих повышенную плотность, по сравнению с неизмененными исходными породами.

Как установлено В.В.Юдиной [8], В.В.Золотухиным и Ю.Р.Васильевым [3], Б.Н.Батуевым [1], Л.М.Туровцевым [7] и другими исследователями, контактовые ореолы измененных пород образуются практически вокруг любого тряпового интрузивного тела, так как расплав вступает в камеру нагретым примерно до 1200°C и при остыании отдает тепло вмещающим породам. Мощность ореолов измененных пород наибольшая (до 250 м) отмечается в экзоконтактах дифференцированных рудоносных интрузий, наименьшая (первые метры) - у силлов титан-авгитовых долеритов и около недифференцированных оливинсодержащих долеритов.

Исследования Э.Н.Линда, а также В.В.Юдиной и Г.Е.Власовой [9], Э.А.Калининой и Л.И.Гурской [4] свидетельствуют о том, что плотность измененных пород экзоконтактового ореола никеленосных интрузий всегда больше плотности исходных пород независимо от их состава (мергели, песчаники, аргиллиты и т.д.). Таким образом, типовой плотностной разрез "рудного объекта" должен включать ореол измененных пород повышенной плотности, мощность которого соизмерима с мощностью дифференцированной интрузии (особенно для фронтальной части, имеющей наибольший поисковый интерес).

Для выяснения эффективности гравиразведки при поисках глубокозалегающих никеленосных интрузий автором составлены модели медно-никелевых месторождений Норильского типа при залегании интрузий в характерных для них стратиграфических горизонтах. Модель I - Хараэлахская ветвь Талнахского интрузива, локализованная в мергелистых отложениях среднего девона на глубине 600 м; модель 2 - северо-восточная ветвь Талнахского интрузива, залегающая в терригенно-угленосных отложениях тунгусской серии на глубине 800 м; модель 3 - интрузия Норильск-I, локализованная в нижних туфо-лавовой толще на глубине 500 м. Расчетные аномалии, обусловленные собственно никеленосной интрузией, ореолом измененных пород и "рудным объектом" в целом соответственно составляют: модель I - 1,4; 0,7; 1,8 мГл; модель 2 - 0,5; 0,5; 1,0 мГл; модель 3 - 0,6; 0,3; 0,9 мГл. При составлении моделей геологические разрезы построены по данным разведочного бурения, плотности основных

литолого-петрографических разновидностей пород определены по образцам керна пробуренных скважин. Аномалии силы тяжести от моделей подсчитаны на ЭВМ в СНИИГТИМСе по программе Г.Г.Ремпеля и В.Н.Филатовой [5]. На рис. I в качестве примера показаны результаты моделирования по наиболее погруженной северо-восточной ветви Талнахского месторождения.

Данные моделирования позволили выявить две характерные особенности аномалий силы тяжести в реальных условиях Норильского рудного района.

- Расчетные аномалии в значительной степени зависят от вариации мощности рыхлых четвертичных отложений. Последние могут порождать аномалии, по интенсивности превышающие аномалии от рудного объекта.

- Гравитационный эффект, обусловленный переуплотненными измененными породами экзоконтактового ореола, по интенсивности соизмерим с эффектом от собственно рудоносной интрузии. В силу этого при определении глубины залегания рудоносной интрузии аналитическими методами в расчетные формулы необходимо вводить дополнительно коэффициент (в среднем равный 1,5), учитывающий эффект от переуплотненных пород экзоконтактового ореола.

Расчеты показывают, что глубинность гравиразведки при поисках никеленосных интрузий в Норильском районе в благоприятных условиях (отсутствие рыхлых четвертичных отложений) может достигать 1500 м, при этом интенсивность аномалии от рудного объекта понижается до 0,4-0,5 мГл.

В свете закономерностей, выявленных при моделировании, рассмотрим особенности проявления в гравитационном поле отдельных никеленосных интрузивов и основных рудных узлов в целом.

Норильский рудный узел. В наблюдаемом гравитационном поле никеленосный интрузив Норильск-I, залегающий на контакте отложений тунгусской серии с туфо-лавами пермо-триаса, отразился аномалией силы тяжести интенсивностью в несколько раз выше модельных эффектов (при полном повторении контура интрузива) только в северной части.

В южном направлении простижение аномалии, в зависимости от изменения мощности рыхлых четвертичных отложений, резко меняется на юго-западное, в то время как интрузия ориентирована в южном направлении (рис.2). После введения в гравитационное поле поправки за влияние четвертичных отложений конфигурация аномалии видоизменилась таким образом, что контур ее стал полностью повторять контур интрузии на всем своем протяжении, а "раздувы" интрузии - увеличением интенсивности аномалии.

В районе скв. С-8, 801, 749 от аномальной зоны, порождаемой

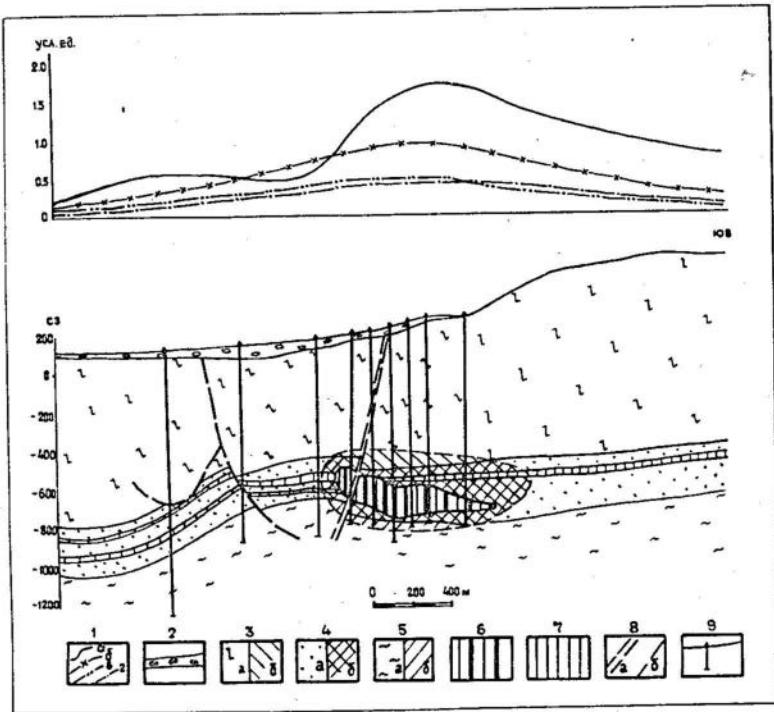


Рис.1. Аномалии поля силы тяжести над моделью Талнахского рудоносного интрузива

I - графики Δg , а - расчетный для представленного разреза, совпадающий с графиком Δg лок; б - характеризующий суммарное влияние никеленосных интрузий и измененных пород экзоконтактового ореола; в - характеризующий влияние никеленосной интрузии; г - характеризующий влияние измененных пород экзоконтактового ореола; 2 - рыхлые четвертичные отложения, $\sigma = 2,10 \text{ г/см}^3$; 3 - эфузивные траппы пермо-триаса: $\sigma = 2,76 \text{ г/см}^3$ (а), то же измененные, $\sigma = 2,80 \text{ г/см}^3$ (б); 4 - терригенно-угленосные отложения тунгусской серии: $\sigma = 2,50 \text{ г/см}^3$ (а), то же измененные, $\sigma = 2,70 \text{ г/см}^3$ (б); 5 - терригенно-карбонатные отложения девона: $\sigma = 2,75 \text{ г/см}^3$ (а), то же измененные, $\sigma = 2,80 \text{ г/см}^3$ (б); 6 - рудоносные габбро-долериты, $\sigma = 3,03 \text{ г/см}^3$; 7 - долериты, $\sigma = 3,0 \text{ г/см}^3$; 8 - главный тектонический шов Норильско-Хараэлахского разлома (а), прочие разрывные нарушения; 9 - буровые скважины.

интрузией Норильск I, в северо-западном направлении прослеживается локальная аномалия. Расчеты, проведенные автором, показали, что аномалия может быть объяснена отражением новой рудоносной ветви Норильского интрузива, залегающей на большой глубине в нижнем литологическом горизонте локализации. Пробуренная в эпицентре гравитационной аномалии скв.НП-4 в отложениях среднего девона в интервале глубин 1100-1300 м вскрыла нижненорильскую интрузию с непромышленными концентрациями сульфидных руд, сопровождающую мощным ореолом контактово-измененных пород (рис.2). Было выдвинуто предположение, что контур аномальной зоны отражает совокупное влияние группы пространственно сближенных ветвей Норильского рудного узла, включая интрузию Норильск I, нижненорильскую интрузию скв.НП-4 и предполагаемые новые ветви с промышленными концентрациями сульфидов меди и никеля [6].

Дальнейшими поисковыми работами перспективы Норильского рудного узла были существенно расширены. По материалам автора к востоку от месторождения Норильск I была выделена положительная гравитационная аномалия интенсивностью в несколько раз превышающей модельный эффект, примыкающая с запада к зоне Норильско-Хараэлахского глубинного разлома. Заданная для выяснения природы этой аномалии скважина ЮН-6 на глубине около 400 м в нижних горизонтах туфоловавой толщи вскрыла Восточно-Норильскую рудоносную интрузию, сопоставимую по своим масштабам с известными промышленно-никеленосными интрузиями.

Талнахский рудный узел, наряду с наличием перекрывающих четвертичных отложений переменной мощности, характеризуется также сильно развитой разрывной тектоникой с образованием так называемых "просадочных структур", что в значительной степени экранирует гравитационный эффект от рудоносных интрузивов. По карте остаточных аномалий силы тяжести, полученной после вычитания гравитационных эффектов указанных факторов, более отчетливо выделяется весь рудоносный интрузив в целом (рис.3). Локальными аномалиями подчеркивается ориентировка в плане Хараэлахской и Северо-восточной ветвей. По гравиметрическим данным также представляется возможным оконтурить западную и восточную границы интрузива и наметить его продолжение к северу. Локальные положительные аномалии, расположенные вне контура интрузива к западу и югу от него, могут быть обусловлены как антиклинальными складками, так и новыми интрузивными ветвями, локализованными в отложениях си-

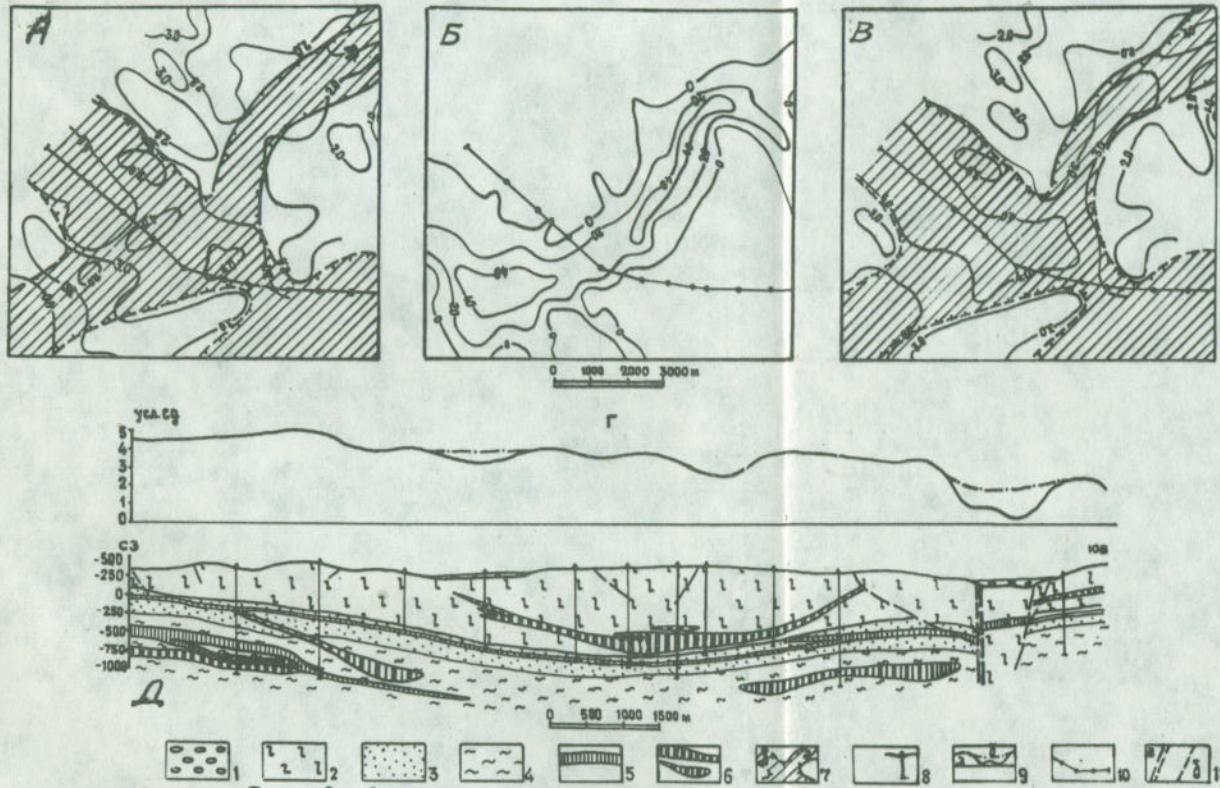


Рис. 2. Отображение рудоносных интрузий Норильского узла в гравитационном поле (в усл.ед.)

А - изолинии локальных аномалий силы тяжести; Б - изомощности четвертичных отложений (по геологическим данным); В - изолинии локальных аномалий силы тяжести (введена поправка за четвертичные отложения); Г - изомощности интрузии Норильск-I (по данным бурения); Д - геологический разрез.

I - рыхлые четвертичные отложения; 2 - эфузивные траппы; 3 - терригенно-угленосные отложения тунгусской серии; 4 - терригенно-карбонатные отложения девона; 5 - долериты; 6 - никеленосные интрузии: а - вскрытые буровыми скважинами, б - предполагаемые по гравиметрическим данным; 7 - участки залегания никеленосных интрузий на глубине: а - установленные, б - предполагаемые; 8 - буровые скважины: а - в плане, б - на разрезе; 9 - графики аномалии силы тяжести (а), то же с введенной поправкой за четвертичные отложения (б); 10 - линия геологического разреза; II - Норильско-Хараэлахский разлом (а), прочие разрывные нарушения (б).

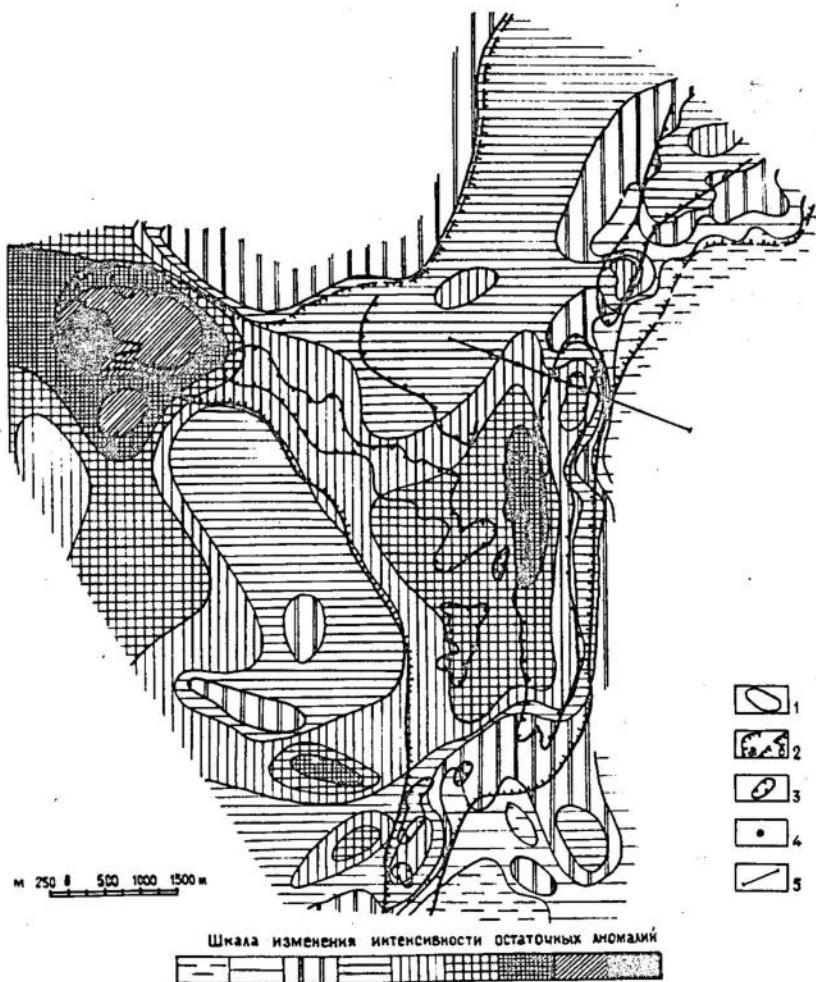


Рис.3. Отображение Талнахского рудоносного интрузива в гравитационном поле

I - изоаномалии силы тяжести (введена поправка за четвертичные отложения и эфузивные траппы); 2 - контур никеленосного интрузива на глубине: а - по данным бурения, б - предполагаемый по гравиметрическим данным; 3 - области развития "раздувов" интрузива (более 100 м); 4 - буровые скважины; 5 - линия разреза для модели, представляющей северо-восточную ветвь Талнахского месторождения (представлена на рис.1).

лура на значительных глубинах (свыше 1500 м).

В качестве наглядного примера высокой разрешающей способности гравиразведки при поисках глубокозалегающих никеленосных интрузий можно рассмотреть характер отображения северо-восточной ветви Талнахского интрузива в гравитационном поле (рис.4). При сопоставлении фрагмента гравиметрической карты с данными разведочного бурения отмечается отчетливое совпадение в плане контуров аномалий Буге с контуром северо-восточной ветви интрузива, при этом весьма показательна прямая зависимость интенсивности аномалий от мощности интрузии: "раздувам" интрузии в районе отвечает соответствующее повышение интенсивности аномалий.

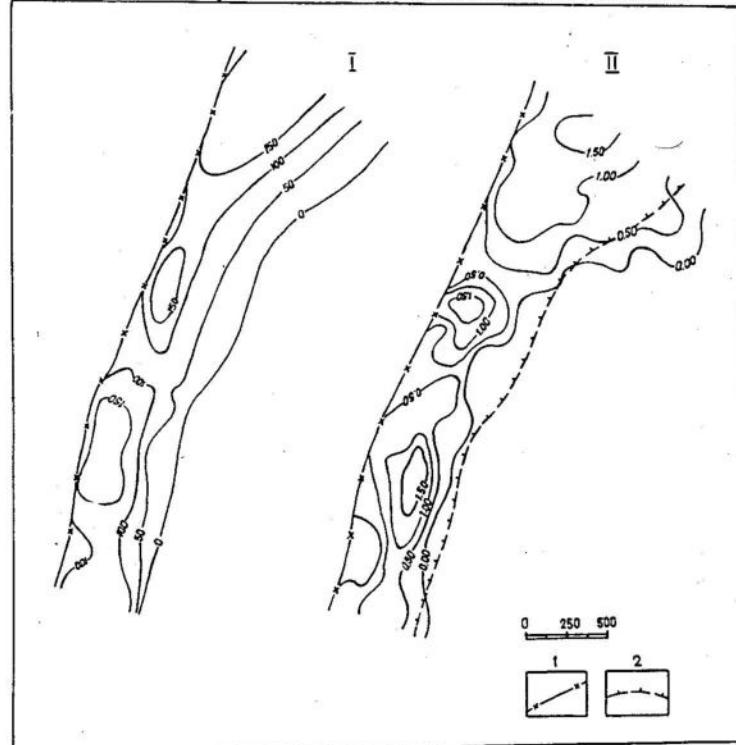


Рис.4. Характер проявления северо-восточной ветви Талнахского интрузива в гравитационном поле.

I - изомощности рудоносной интрузии. II - изолинии локальных аномалий силы тяжести (в усл.ед.); I - главный тектонический шов Норильско-Хараэлахского разлома; 2 - контур интрузива

Материалы высокоточной гравиразведки позволили существенно расширить перспективы северо-восточной ветви Талнахского месторождения богатых руд от известной его части в северном направлении вплоть до низовьев ручья Скалистого. Заданная в эпицентре локальной гравитационной аномалии скважина СТ-8 на глубине I266 м вскрыла рудоносную интрузию повышенной мощности. В настоящее время на этом участке проводятся детальные разведочные буровые работы с целью подготовки площади к промышленной отработке богатых медно-никелевых руд.

Список литературы

1. Батуев Б.Н. Типы и генезис метасоматических колонок Талнахского рудного узла. - В кн.: Геология и полезные ископаемые Норильского района. Норильск, 1971, с.166-169.
2. Волков И.Д., Волыхин А.М., Велиходский Г.Ф., Гончаренко В.В. Физические свойства горных пород Норильского района. -"Ученые записки НИИГА", 1963, регион.геол., вып.1, с.197-208.
3. Золотухин В.В., Васильев Ю.Р. Особенности механизма образования рудоносных трапповых интрузий северо-запада Сибирской платформы. М., "Наука", 1967, 232 с.
4. Калинина Э.А., Гурская Л.И. Петрофизические свойства экзоконтактовых зон никеленосных интрузий Норильского района и их поисковое значение. - В кн.: Геология и полезные ископаемые Норильского района. Норильск, 1971, с.176-179.
5. Ремпель Г.Г., Филатова В.А. Вычисление производных магнитного потенциала и вертикальной составляющей поля силы тяжести от двумерных тел произвольной формы. - В кн.: Применение электронно-вычислительных машин при решении задач рудной геофизики. Методические рекомендации. Новосибирск, 1972, с. 62-74.
6. Салов В.М. О структуре Норильского рудного поля по гравиметрическим данным. - В кн.: Состояние и направление исследований по металлогении траппов. Красноярск, 1974, с.121-122.
7. Туровцев Д.М. Топология и условия формирования пород зональных метаморфических ореолов интрузивов Талнахского рудного узла. - В кн.: Геология и полезные ископаемые Норильского района. Норильск, 1971, с.169-172.
8. Юдина В.В. Некоторые явления метаморфизма и метасоматоза, связанные с Талнахской дифференцированной интрузией габбро-долеритов. - В кн.: Соотношение магматизма и метасоматоза в генезисе ультрабазитов. М., "Наука", 1965, с.79-81.

9. Юдина В.В., Власова Г.Е. Изменение некоторых физико-механических свойств вмещающих пород Талнахского медно-никелевого месторождения в процессе контактowego метаморфизма и метасоматоза. -"Труды ЦНИГРИ", 1969, вып.80, с. 85-98.

оценивалась информативность этих параметров с точки зрения размещения медно-никелевых месторождений. На заключительном этапе интерпретации наблюдаемые параметрические особенности гравитационного поля связывались с вероятной геолого-геофизической моделью (рис. I).

Числовые характеристики геофизических полей описывают те их особенности, которые обычно используются и при визуальном описании: уровень, изменчивость, интенсивность локальных аномалий, горизонтальные размеры и линейность аномалий. Наличие надежной числовой основы в описании этих особенностей позволяет в дальнейшем использовать многомерную статистику при поисках площадей, аналогичных по своему строению площадям, на которых известны месторождения полезных ископаемых, то есть развивать вероятностное геологическое прогнозирование.

Методика исследования потенциальных физических полей с целью извлечения из них в параметрической форме информации, которая может быть использована при прогнозировании, опирается на трудоемкие вычисления, выполняемые на ЭВМ. В созданной нами программе вычисления проводились в скользящем квадратном окне, охватывающем n^2 точек с известным значением гравитационного поля, с вариантами $n = 3$ и $n = 7$. Вычислялись: полный градиент поля как сумма абсолютных значений приращений между соседними точками по оси X и Y, деленная на количество приращений в пределах заданного окна; угол между направлением на север и линией максимального градиента, характеризующий преобладающее направление аномалий; параметры, характеризующие локальные усложнения структуры потенциальных полей и некоторые другие.

Наиболее интересные результаты были получены при анализе трансформированных гравитационных аномалий "среднего класса", вычисленных как разность полей силы тяжести, пересчитанных на высоту 5 и 20 км. При проведении подобной трансформации в значительной степени подавляются аномалии от источников в осадочно-вулканогенном комплексе, с одной стороны, и в нижней части земной коры, с другой. Соответственно относительно усиливаются аномалии от источников, находящихся на глубинах 5–10 км.

Трансформированные аномалии силы тяжести были исследованы по составленной нами программе. Наиболее четкую связь с размещением медно-никелевых месторождений обнаружил параметр направления трансформированных аномалий. Построенная по результатам проведенного анализа роза простираций трансформированных гравитационных аномалий (рис. I) показывает, что преобладают аномалии северо-восточного и меридионального направлений. Градиентные

ОСОБЕННОСТИ ФИЗИЧЕСКИХ ПОЛЕЙ В РАЙОНАХ ЛОКАЛИЗАЦИИ МЕДНО-НИКЕЛЕВЫХ МЕСТОРОЖДЕНИЙ

Геофизические поля Норильско-Таймырского региона многократно анализировались различными исследователями как с точки зрения восстановления истории развития региона в период формирования медно-никелевых месторождений, так и с целью выявления конкретных особенностей аномальных полей в районах известных месторождений. В ряду первых работ наиболее убедительные построения выполнены Б.В.Гусевым [2, 3]. Отметив, что специфической особенностью магнитного поля Енисей-Хатангского прогиба являются симметричные по отношению к оси прогиба кулисообразные линейные и кольцевые аномалии, автор приходит к выводу, основанному на конкретных расчетах, что эти аномалии вызваны магматическими породами, аналогичными породам трапповой формации, внедренными по зонам глубинных разломов. Отмечается общая пространственная и генетическая связь структуры Енисей-Хатангского прогиба и со-пределных областей развития плато-базальтов в рамках единой крупной структуры растяжения. Среди работ второго рода наиболее важным является наблюдение о связи с никеленосными интрузиями гравитационных аномалий, ориентированных длинной осью по падению пород, то есть вкрест их простирианию [5]. Аномалии связываются с антиклиналями северо-западного направления, поперечными к простирианию мульд. Максимум гравитационного поля, пространственно совпадающий с Норильско-Хараэлахским прогибом, объясняется существованием палеовулканической зоны, насыщенной интрузивными массами [6]. Отмечается такая же приуроченность месторождений к краям региональных положительных аномалий ΔT [7].

В нашей работе анализ геофизических данных производился в последовательности, укладывающейся в схему формально-содержательной геологической интерпретации. Вначале был выполнен формальный анализ гравитационного поля, позволивший заключенную в нем информацию свести к некоторым числовым параметрам. Затем

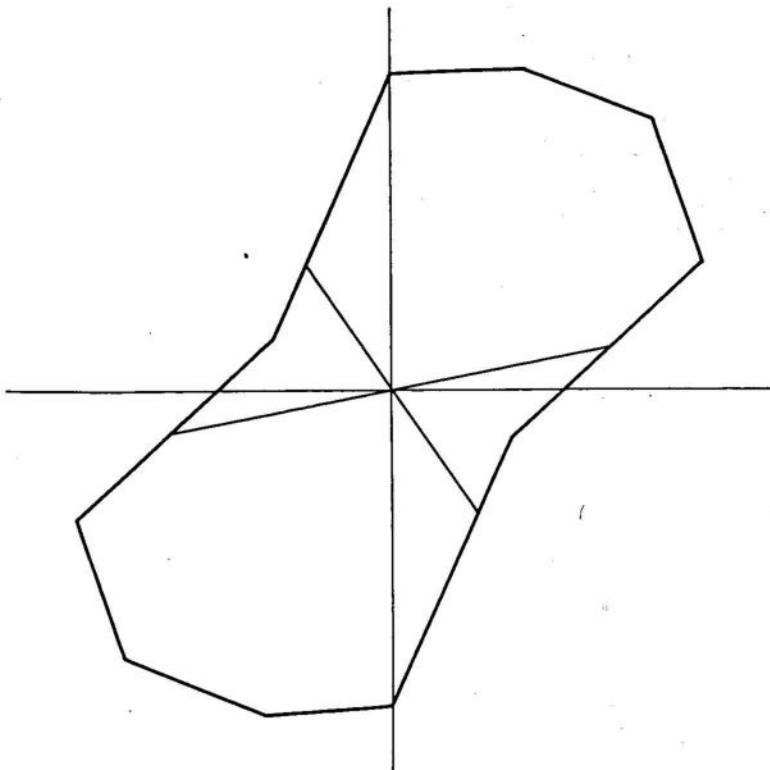


Рис. I. Роза простираций аномалий трансформированного гравитационного поля ($\Delta g h = 5$ - $\Delta g h = 20$) Норильского региона. Выделен сектор, в котором расположены все точки промышленных медно-никелевых месторождений.

зоны секущих направлений (широтных и запад-северо-западных) зафиксированы в 22% случаев, то есть на площадях, составляющих 22% от площади всей изучаемой территории. И именно к этим площадям приурочены все рудные месторождения региона - Норильско-Талнахское, Имангдинское и Курейское. Следовательно, участки секущих направлений трансформированных гравитационных аномалий представляют повышенный интерес с точки зрения вероятности обнаружения медно-никелевых месторождений.

Ряд других параметров трансформированных гравитационных аномалий также обнаруживает тенденции распределения, позволяющие использовать их для характеристики рудных объектов. В качестве примера можно привести полный градиент гравитационных аномалий "среднего класса", характеризующий плотностную неоднородность земной коры на глубинах в основном от 5 до 10 км. Если из значений параметра на всей исследуемой площади сделать 4 выборки, относящиеся: а) к площадям промышленных месторождений, б) к площадям непромышленных месторождений и крупных рудопроявлений; в) к площадям прочих рудопроявлений и г) к безрудным площадям, то обнаруживается тяготение рудных площадей к территориям с пониженными значениями параметра полного градиента. В диапазон величин параметра 0,08-0,13 мгл/км попадает около 30% всей исследуемой площади, 30% площадей рудопроявлений, 57% площадей непромышленных месторождений и крупных рудопроявлений и 67% площадей промышленных месторождений.

Рассматривая всю совокупность геофизических данных, полученных как в результате произведенных трансформаций, так и из исходных гравитационного и магнитного полей, можно сделать следующие выводы об особенностях геофизической характеристики районов известных медно-никелевых месторождений:

1. Наблюдается приуроченность месторождений и крупных рудопроявлений к главным глубинным зонам физической неоднородности, характеризуемым значительными ступенями гравитационного поля и являющимися граничными по большинству параметров магнитного и гравитационного поля.

2. Известные месторождения и рудопроявления располагаются в областях слабой дифференциации гравитационных аномалий среднего класса, что связано с относительной гомогенностью состава кристаллического фундамента этих областей.

3. Наблюдается приуроченность известных месторождений и рудопроявлений к аномальным зонам секущих направлений, пересекающим глубинные шовные зоны физической неоднородности под большими углами.

4. Месторождения и крупные рудопроявления расположены в пе-

рифериных частях положительных магнитных аномалий, предположительно связанных с интрузивными массами базитов, расположеными на глубинах в несколько километров.

5. Месторождения и крупные рудопроявления тяготеют к периферийным частям положительных гравитационных аномалий, также предположительно связанных с интрузивными массами базитов, внедренными в толщу платформенного чехла и кристаллический фундамент.

Следует отметить, что некоторые из отмеченных особенностей геофизических полей в той или иной мере были охарактеризованы в предшествующих работах [4, 5, 6].

Приведенные данные можно использовать при дифференциации территории Норильского региона по степени перспективности для поисков медно-никелевых месторождений. По комплексу геофизических признаков наиболее перспективным районом (помимо района известных месторождений Норильск, Талнах, Имангда) является район, расположенный к юго-востоку от Хантайского водохранилища – участки вблизи поселка Таймыр и в низовьях рек Брус и Горбачин. Район продолжается и в северо-западном направлении за противо-подложный берег Хантайского водохранилища. Следует особо подчеркнуть, что анализ геофизических данных, подобный использованному в нашей работе, может способствовать лишь выявлению участков с благоприятной для размещения месторождений геоструктурной ситуацией. Окончательное суждение о прогнозном значении того или иного участка должно выноситься лишь после изучения всех структурно-тектонических и геолого-минералогических признаков.

Естественно задаться вопросом: с чем связано то обстоятельство, что в трансформированном поле силы тяжести признаки, связанные с размещением медно-никелевых месторождений, находятся в более явной форме, чем в наблюденном поле? Для ответа на этот вопрос необходимо кратко остановиться на данных о реологии земной коры континентальных платформ.

Важнейшим и определяющим параметром, влияющим на характер деформаций земной коры континентального типа в период тектономагматической активизации, является эффективная вязкость. Теоретические и экспериментальные исследования свидетельствуют о быстрым уменьшении эффективной вязкости с глубиной [1]. Зависимость вязкости горных пород от всестороннего давления и температуры описывается формулой Френкеля:

$$\eta_{III} = \eta_0 \cdot e^{-\alpha \frac{P}{T}}$$

где η_{III} – коэффициент эффективной вязкости, $e^{-\alpha \frac{P}{T}}$ – всестороннее сжатие, T – температура, η_0 , α , k – константы.

В значительной мере эффективная вязкость зависит также от величины касательных напряжений и скорости деформации, увеличиваясь с увеличением скорости деформации. Расчетные данные показывают, что на континентах на глубинах от 10 до 20 км эффективная вязкость уменьшается на 2-3 порядка.

Следствием такого значительного изменения с глубиной реологических свойств горных пород, слагающих континентальную земную кору, является существенное отличие морфологии физических неоднородностей или геологических тел, образующихся на платформах в период тектономагматической активизации. Глубина, на которой при возникновении горизонтальных напряжений в геологическом масштабе времени значительную роль начинают играть пластические деформации, составляет, по-видимому, на платформах 10-15 км, а в активизированных зонах платформ – 3-5 км [8]. В период тектономагматической активизации массы горных пород на глубине 4-12 км более подвижны, а вновь образующиеся формы физической неоднородности более контрастны, чем на поверхности. В соответствии с этим и гравитационные аномалии от источников в верхних 3-5 км разреза континентальных платформ в наибольшей степени соответствуют "древнему" структурному плану этих территорий. Гравитационные аномалии от источников, расположенных на глубинах 4-12 км, лучше всего отображают структуры периода тектономагматической активизации. Гравитационные аномалии, вызванные источниками, расположенными на больших глубинах, в наибольшей степени соответствуют неотектоническому этапу развития платформ. Следовательно, проведение трансформаций аномального гравитационного поля, направленных на относительное ослабление аномалий от приповерхностных источников и глубинных аномалий, и должно способствовать лучшему отображению в гравитационном поле структур, обязанных своим происхождением этапу тектономагматической активизации.

Таким образом, применение нового аппарата для анализа трансформированного гравитационного поля в Норильском регионе позволило выявить некоторые количественные признаки медно-никелевых месторождений. Анализ распределения выявленных информативных признаков на изучаемой площади позволяет наметить участки, сходные по своему строению с участками известных медно-никелевых месторождений. Важнейшим из таких участков представляется участок в окрестностях Хантайского водохранилища.

1. Гзовский М.В. Основы тектовофизики. М., "Наука", 1975, 536 с.
2. Гусев Б.В. К вопросу о генезисе мезокайнозойских впадин центральной части Советской Арктики (на примере Енисей-Хатангского прогиба). - В кн.: Геофизические методы разведки в Арктике, вып. 7. Л., 1972, с.85-93 (НИИГА).
3. Гусев Б.В. Горизонтальные движения земной коры в истории формирования мезокайнозойских прогибов и сопредельных структур центральной части Советской Арктики. - В кн.: Геотектонические предпосылки к поискам полезных ископаемых на шельфе Северного Ледовитого океана. Л., 1974, с.68-81 (НИИГА).
4. Петров А.И., Сироткина Т.Н., Сусдов М.Н. Общие особенности строения и никеленосность Печорской, Садбери и Норильской структур. - "Докл.АН СССР", 1980, т.251, № 5, с.1211-1215.
5. Поисковые критерии сульфидных руд норильского типа. Новосибирск, 1978, 167 с. (Труды ИГТ, вып.418).
6. Ремпель Г.Г., Салов В.М. Природа региональных гравитационных аномалий и их использование при оценке объема интрузивных масс в Норильско-Хараэлахском прогибе. - "Геология и геофизика", 1977, № 9, с.86-95.
7. Сироткина Т.Н. Геофизические критерии поиска и прогнозирования медно-никелевых месторождений на северо-западе Сибирской платформы. - В кн.: Геофизические исследования при геологическом изучении территории СССР. Л., 1977, с.132-137 (НИИГА).
8. Vetter U.R., Meissner R.O. Rheologic properties of the lithosphere and applications to passive continental margins. - "Tectonophysics", 1979, v. 59, p. 367-380.

УДК 553.48.04I (571.5I-I7)

Оценка перспектив никеленосности севера Красноярского края. Бишневский А.Н., Голубков В.С., Доддин Д.А., Иванов М.К., Кавардин Г.И., Тарасов А.В. - В кн.: Комплексные методы поисков медно-никелевых месторождений в зонах развития криогенеза. Л., 1981 (НИИГА).

Показан общий характер геофизической и геологической изученности региона, рассмотрены его внутренняя рудно-магматическая зональность и глубинное строение. В Норильском рудном районе наряду с известными узлами намечены перспективные -Микчандский, Восточно-Норильский, Тулаек-Тасский, Тангаралахский, Северо-Вологочанский, Арылахский, Тальми-Иконский и др. узлы. В пределах Южно-Таймырского металлогенического пояса выявлены Надудо-Туркинский, Буатонкагско-Фадьюкудинский и Боотанкагский рудные узлы, где встречены медно-никелевые присявлания норильского и печенгского типов. В Тунгусской металлогенической области к перспективным относятся район Хантайского озера и область Авамского гравитационного максимума, а на востоке - бассейн р.Чангоды. Рассмотрен комплекс прогнозных критерий и поисковых признаков на медно-никелевые руды и месторождения, включющие геологический, литологический, магматический и структурный контроль сруднения, структурно-магматическую, рудно-магматическую и рудно-метасоматическую зональность и связь ее с глубинным строением.

УДК 553.078 (-02) : 553.48I'43

Металлогеническое районирование севера Сибирской платформы и прогноз медно-никелевых месторождений. Казардин Г.И., Иванов М.К. - В кн.: Комплексные методы поисков медно-никелевых месторождений в зонах развития криогенеза. Л., 1981 (НИИГА).

Рассмотрены основы научного прогнозирования сульфидных медно-никелевых месторождений, опирающиеся на новую формационно-генетическую классификацию рудных объектов и палеовулканические реконструкции никеленосных территорий. Приводятся результаты металлогенического районирования севера Сибирской платформы и Таймыра с выделением потенциально-никеленосных объектов. Для Норильского района оценены прогнозные запасы руд для металлогенически однотипных блоков. Даны рекомендации по направлению дальнейших исследований с выявлением и картированием глобальных, региональных, районных и локальных рудоконтролирующих факторов.

УДК [550.84 : 553.48I'43] : 55I.345

Геохимические поиски медно-никелевых месторождений в зоне криогенеза. Додин Д.А., Шатков В.А. Садиков М.А., Додина Т.С., Самойлов А.Г. - В кн.: Комплексные методы поисков медно-никелевых месторождений в зонах развития криогенеза. Л., 1981 (НИИГА).

Выявление в областях развития криогенеза, наряду с первичными ореолами, вторичных ореолов и потоков рассеяния элементов-индикаторов и спутников медно-никелевых месторождений указывает на возможность широкого применения литогеохимического, био-

геохимического и гидрогеохимического методов при поисках в новых районах. Выявление солевых составляющих ореолов и потоков свидетельствует о значительной глубинности применяемых методов. Эффективность и высокая экономичность достигается комплексированием методов.

Табл. 4, илл. 4, библ. 10 назв.

УДК [550.8 : 553.48I'43] : 55I.345

Методика поисков медных месторождений игарского типа. Шатков В.А., Рябкова И.С. - В кн.: Комплексные методы поисков медно-никелевых месторождений в зонах развития криогенеза. Л., 1981 (НИИГА).

Предложена методика детализации перспективных территорий геохимическими методами, основными из которых являются донное и гидрогеохимическое опробование в сочетании с литогеохимическим и биогеохимическим, при подчиненном значении шлихового метода. Использование комплексной методики поисков при авиадиспансерных работах позволило оценить перспективы значительных территорий Игарского региона.

Илл. 1., библ. 2 назв.

УДК [550.81 : 55I.443] : 553.48I'43.041

Морфоструктурные критерии прогноза и оценки глубоких горизонтов флангов промышленных медно-никелевых рудных полей. Тарасов А.В., Петров О.В. - В кн.: Комплексные методы поисков медно-никелевых месторождений в зонах развития криогенеза. Л., 1981 (НИИГА).

Сопоставление морфоструктурных элементов в пределах Норильского, Хараэлахского и Сыверминского плато с пространственным распределением и морфологией рудоносных интрузивов позволило выявить, что развитие положительных морфоструктурных блоков вероятно является отражением большей "жесткости" блоков, насыщенных интрузивами, это же создает неоднородности участков и отражается на проявлении гравитационной тектоники. Подобные эффекты могут создавать и мощные недифференцированные интрузивные тела, поэтому при прогнозировании рудоносных интрузивов необходимо привлечение других геологических поисковых критерий.

Илл. 2, библ. 2 назв.

УДК 550.81 : [552.322.91 : 553.481'43] (55I.II-I4)

Морфогенетические особенности южных ветвей рудоносных дифференцированных интрузий Норильского узла. Иванова Т.К. - В кн.: Комплексные методы поисков медно-никелевых месторождений в зонах развития криогенеза. Л., 1981 (НИИГА).

Рассматриваются морфогенетические особенности южных ветвей рудоносных дифференцированных интрузий Норильского узла. Сделаны выводы о значительной и закономерной изменчивости общего состава и состава отдельных дифференциатов рассматриваемых интрузивных тел, свидетельствующей в пользу докристаллизационного расслоения силикатной части расплава, осуществлявшегося под контролем гравитаций в существующих интрузивных камерах. Подтверждается этапность продуктивного в отношении сульфидных руд интрузивного магматизма в Норильском районе и существенная роль спиральных локальных структур в распределении рудоносных магматических расплавов.

Илл. 9, табл. 3, библ. 14 назв.

УДК [552.322.91 : 553.481'43] (57I.5II-I7)

Пикрит-габбро-долеритовый никеленосный комплекс Центрального Таймыра. Нагайцева Н.Н. - В кн.: Комплексные методы поисков медно-никелевых месторождений в зонах развития криогенеза. Л., 1981 (НИИГА).

По петрохимическим параметрам пород, а также по характеру и направлению дифференциации анизотропные интрузии Таймыра сопоставимы с рудоносными дифференцированными интрузиями Норильского района. Выявленное сходство позволяет относить их к одному потенциально промышленно-никеленосному формационному типу, что служит основанием для высокой прогнозной оценки рудоносных интрузий Таймыра, в первую очередь Боттанкагской и ручья Габрового.

Илл. 5, библ. 9 назв.

УДК [550.84.092.22 : 553.481'43] :550.84.001.5

Первичные ореолы промышленных медно-никелевых месторождений в связи с разработкой методики геохимических поисков. Сидоров И.И. - В кн.: Комплексные методы поисков медно-никелевых месторождений в зонах развития криогенеза. Л., 1981 (НИИГА).

По результатам детального геохимического опробования керна разведочных скважин, пробуренных в пределах Талнахского и в меньшей степени Октябрьского месторождения выявлена геохимическая зональность имеющая следующий обобщенный вид: (Ni, Cu, Ti, Ba, Sr) → (Zr, Mo, Co) → (РЬ, Cr, V, Mn, Sn), однако в чистом виде она проявляется редко в силу процессов метаморфизма, обусловивших в ряде случаев уничтожение первичного ореола или перераспределение компонентов внутри него.

Табл. 4, библ. 4 назв.

УДК 550.84 : 553.48I'43 (57I.II-I2)

Результаты геохимических поисков медно-никелевых месторождений в Ханарском районе. Богуславский С.Г. - В кн.: Комплексные методы поисков медно-никелевых месторождений в зонах развития криогенеза. Л., 1981 (НИИГА).

Приводятся результаты геолого-геохимических работ в пределах Ханарского участка (левобережье р. Котуй). Статистическая обработка данных включает корреляционный трендовый и другие виды пересчета информации. Выделены две группы геохимических аномалий, одна из которых связана с магматической медно-никелевой минерализацией, а другая - с гидротермальным полиметаллическим орулением. Обсуждается вопрос об обнаружении в районе рудных месторождений.

Илл. 2, табл. 2, библ. 9 назв.

УДК [552.08 : 549] : 62I.928.I6.2 : [550.84 : 55I.345]

О тенденциях распределения химических элементов в гранулометрических фракциях проб (в связи с диагностикой геохимических аномалий в криогенной зоне траппового поля). Наторхин И. А., Архипова А.И. - В кн.: Комплексные методы поисков медно-никелевых месторождений в зонах развития криогенеза. Л., 1981 (НИИГА).

Просанализирован состав гранулометрических фракций проб, представляющих основные разновидности траппов. В определенных диапазонах крупности измельченных проб содержание ряда химичес-

ких элементов повышается в несколько раз относительно среднего содержания по пробе (породе), что создает предпосылки для появления "нерудных" геохимических аномалий в рыхлых элювиально-делювиальных образованиях. Обсуждается вопрос о диагностике "нерудных" геохимических аномалий в зоне криогенеза.

Илл. 2, табл. 3, библ. 5 назв.

УДК 550.83I.23 : 553.48I'43 (55I.II-I4)

Применение гравиразведки для поисков глубокозадегающих медно-никелевых месторождений в Норильском районе. Салов В.М. - В кн.: Комплексные методы поисков медно-никелевых месторождений в зонах развития криогенеза. Л., 1981 (НИИГА).

Составленные модели медно-никелевых интрузий норильского типа показали, что особенности аномалий силы тяжести зависят от мощности рыхлых четвертичных отложений, а эффект от контакто-измененных пород по интенсивности сопоставим с эффектом от собственно интрузии, поэтому в формулы необходимо вводить дополнительный коэффициент, в среднем равный 1,5. Материалы высокоточной гравиразведки позволили существенно повысить перспективы северо-восточной ветви Талнахского месторождения.

Илл. 1, табл. 2, библ. 9 назв.

УДК 550.83.01 : 553.48I'43 (-02)

Особенности физических полей в районах локализации медно-никелевых месторождений. Пискарев А.Л. - В кн.: Комплексные методы поисков медно-никелевых месторождений в зонах развития криогенеза. Л., 1981 (НИИГА).

Анализ геофизических данных проводился в последовательности, укладывающейся в схему формально-содержательной геологической интерпретации. Применение нового аппарата для анализа трансформированного гравитационного поля в Норильском регионе позволило выявить некоторые количественные признаки медно-никелевых месторождений.

Илл. I, библ. 8 назв.

Редактор А.А. Блинков

М-80061 Подписано к печати 10/ХII-1981 г. Печ.л. 6,0.
Уч.-изд.л. 6,0 Тираж 295 экз. Цена 60 коп.

Ротапринт НИИГА. Зак. № 562.