

ГОСУДАРСТВЕННЫЙ КОМИТЕТ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
ПО ВЫСШЕМУ ОБРАЗОВАНИЮ
МОСКОВСКАЯ ГОСУДАРСТВЕННАЯ ГЕОЛОГОРАЗВЕДочНАЯ
АКАДЕМИЯ

В.В.БРОДОВОЙ

ЛАБОРАТОРНЫЙ ПРАКТИКУМ ПО КУРСУ
"КОМПЛЕКСИРОВАНИЕ ГЕОФИЗИЧЕСКИХ МЕТОДОВ"

Учебное пособие

Москва 1994

Лабораторный практикум по курсу "Комплексирование геофизических методов". Учеб. пособие/ В.В.Бродовой; Моск. гос. геологоразвед. акад. М., 1994. 86 с.

Описаны лабораторные работы по определению комплексов геофизических методов при поисках и разведке отдельных видов полезных ископаемых (рудных, нерудных, нефти и газа), при геокартингировании и инженерно-геологических изысканиях. Описания включают общее задание, условия залегания объекта, геологические и физические предпосылки для применения геофизических методов. В помощь формированию комплексов приведены системы геофизических работ.

Пособие дополняет существующий учебник "Комплексирование геофизических методов" и предназначено для студентов геофизической специальности. Может быть использовано также при подготовке студентов геологов и в практической работе специалистов геофизиков и геологов.

Табл. 2. Библиогр.: 15 назв.

Печатается по решению редакционно-издательского совета Московской государственной геологоразведочной академии.

Рецензенты: канд. геол.-минер.наук В.С.Матвеев (ВСЕГИНГЕО);
канд. геол.-минер.наук П.С.Ревякина (ЦНИГРИ)

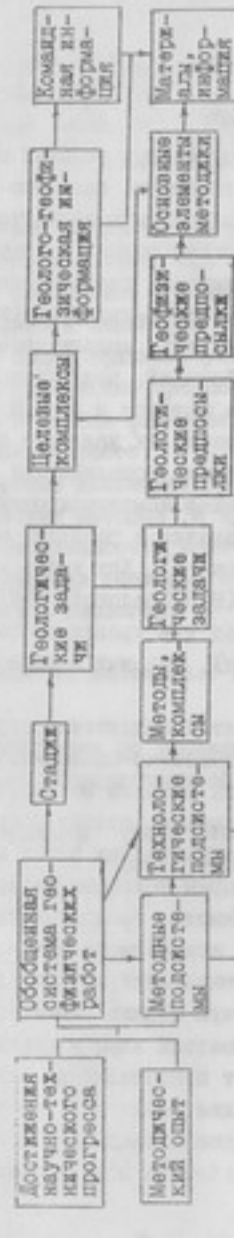
© Московская государственная
геологоразведочная академия,
1994

ВВЕДЕНИЕ

В связи с осложнением геолого-структурных условий поисков и разведки месторождений полезных ископаемых, особенно с увеличением глубины исследований, вовлечением в изучение слабо-контрастных по физическим характеристикам рудных и нерудных полезных ископаемых, расширением применения геофизических методов в помощь гидрогеологическим и инженерно-геологическим исследованиям все в большей степени практикуется комплексное использование геофизических методов и модификаций, различных видов прямых и косвенных поисков. Сочетание методов в едином комплексе (внутреннее комплексирование), а также их увязка с другими геологическими и геохимическими методами, применяемыми в этой же стадии с аналогичными целями (внешнее комплексирование), позволяет повысить достоверность опосредованных и разведки месторождений, обоснованность выводов и оценок [1]. Как видно из методологической схемы комплексирования (В.В.Бродовой, 1981 г.), процесс разработки комплексов включает три уровня их формирования - разработку подсистем (стадийных), типовых и рациональных комплексов (рис.1).

В предлагаемом практикуме приводятся подсистемы крупномасштабных поисков, детальных поисков и поисково-оценочных работ, определяющие возможности геофизических методов на выбранной стадии, использование которых может лечь в основу разработки типовых и рациональных комплексов геофизических работ на определенный тип полезных ископаемых. Вторым исходным материалом для разработки комплекса служат сведения о геологических и геофизических характеристиках полезного ископаемого или изучаемого объекта, на основе которых, привлекая литературные данные, можно сформировать физико-геологическую модель (ФГМ) объекта изучения. Для этого можно воспользоваться классификацией ФГМ (В.В.Бродовой, 1980 г.), которая дает представление какой объект на какой стадии исследуется и какие геологические и геофизические характеристики могут быть использованы для его опознания и изучения [1]. Физико-геологическое моделирование

А. ОСНОВЫ КОМПЛЕКСИРОВАНИЯ



Б. УРОВНИ КОМПЛЕКСИРОВАНИЯ

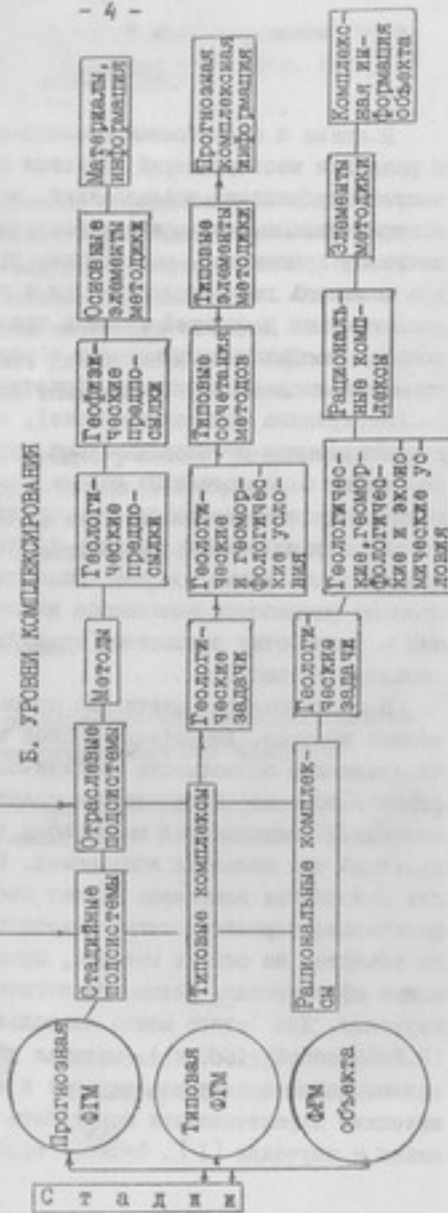


Рис. 1. Методологическая схема комплексирования

позволяет оценить возможности каждого из методов, сформировать соответствующий комплекс, определить основные элементы методики и техники работ, изучить влияние на результаты работ всякого рода помех, исследовать степень достоверности опознания и разведанности месторождений.

В практикуме даны основные геологические и физические предпосылки для применения геофизических методов на определенном типе полезного ископаемого, на основе которых, руководствуясь вышеуказанной классификацией ГИМ, составляется ГИМ искомого объекта. Используя ГИМ и литературные данные о методическом опыте применения геофизических методов на подобных объектах, следует разработать типовой комплекс методов, определить основные элементы методики и техники работ.

Схема описания выполненной лабораторной работы приводится в специальном разделе. Она указывает какие разделы содержат такое описание и какие сведения в них излагаются. В числе полезных ископаемых, охватываемых лабораторным практикумом, имеются представители разных генетических типов месторождений, месторождений металлических и неметаллических руд, гидрогеологических и инженерно-геологических объектов. В помощь практикуму приводятся сведения о возможности использования при разработке комплексов средств вычислительной техники (ЗВМ).

Приведенные в практикуме методические указания по курсовому проектированию помогут, основываясь на полученном опыте выполнения лабораторных работ, выйти на следующую ступень освоения навыков комплексирования, предполагающую самостоятельную работу с охватом всех этапов процесса комплексирования.

§ I. Подсистемы поисковых и разведочных работ на рудные полезные ископаемые

Под системой геофизических работ понимается [1,2] сочетание взаимосвязанных видов геофизических работ и сопровождающих их геологических и геофизических работ, способных решать поисковые и разведочные задачи и которые по своим возможностям могут быть использованы в различных комплексах геологического изучения, поисков и разведки. Это абстрактного типа система, производные которой составят разного рода подсистемы — стадийные, отраслевые, технологические, методные. Так, стадийные подсистемы представляют собой сочетание методов, применение которых может быть эффективно на выбранной стадии исследований. Они формируются на основе системы геофизических работ и содержат указание цели, методов и модификаций, геологических задач, геологических и геофизических предпосылок, элементов методики, результативных материалов и информации. Такие подсистемы могут быть использованы при разработке типовых комплексов, привязанных к определенным стадиям, типовым геологическим и геоморфологическим условиям, генетическим и минералогическим типам месторождений полезных ископаемых. В случае же отнесения комплекса к условиям конкретного рудного объекта (с учетом экономического фактора) формируется рациональный комплекс методов.

В рудных районах поисковые геофизические работы осуществляются в два этапа — крупномасштабные (табл. I) и детальные (табл. 2) поиски. Крупномасштабные поиски являются собственно продолжением работ стадии геологического картирования и общих поисков масштаба 1:50000 — 1:25000. Их комплекс формируется путем дополнения геокартировочного комплекса методами и модификациями, позволяющими перейти от "общих" поисков к "специализированным", т.е. к поискам месторождений определенного типа и генезиса. Поэтому в подсистеме крупномасштабных поисков специальным знаком выделены те методы, которые могут найти применение на предшествующей стадии геологического картирования. Детальные поиски — самостоятельный этап поисков, постепенно переходящий в поисково-оценочные работы следующей стадии. Разведочные геофизические работы выполняются на всех четырех стадиях — предварительной, детальной, доразведки и разведки эксплуатируемого месторождения.

Типовой комплекс ориентирован на определенный вид полезных ископаемых, генетический тип месторождений, условия их залегания — выходящие на эрозийный срез, перекрытие, скрывание, глубокоталегание. Формирование типового комплекса включает определение цели, геологических задач, геологических и геофизических характеристик, состава комплекса, элементов методики, информации. Доведение типового комплекса до рационального выполняется с учетом конкретных геолого-экономических (масштабов проявления полезного ископаемого, его качества, глубины залегания) и экономических (районы с горно-рудной промышленностью, экономически освоенные с слабой горно-рудной промышленностью, экономически слабо освоенные) условий размещения конкретного месторождения.

Ниже представлены подсистемы поисковых, поисково-оценочных и разведочных геофизических работ, использование которых может лечь в основу формирования комплексов методов, для чего нужно выбрать из подсистемы те методы, которые способны решать поисковые и разведочные задачи применительно к заданным условиям и рационально их сочетать с учетом экономической целесообразности. Методы в комплексах должны быть подразделены на основные (обеспечивающие решение основных задач), вспомогательные (способствующие эффективному решению задач) и детализационно-оценочные (привлекаемые для проверки и оценки выявленных проявлений полезных ископаемых или перспективных аномалий, структур и участков).

Подсистема - Специализированные крупномасштабные поиски полезных ископаемых

Вид работ	Методы и модификации	Основные геологические задачи	Геологические предпосылки
1	2	3	4
Комплексная аэрогеофизическая съемка	Аэромагнитная съемка:	Картирование магнитных и слабomagнитных образований: вулканогенно-осадочных, осадочных (карбонатных, терригенных), магматических (гранитоидного состава и др.) и метаморфических (гнейсы, сланцы, роговики) формаций; гидротермально и метасоматически измененных пород, вулканогенно-осадочных и осадочных формаций. Выделение и изучение рудоносных, рудомещающих и рудоуплотняющих структур, сложенных магнитными и слабomagнитными образованиями, и локальных структурных элементов. Прямые поиски магнитных полезных ископаемых (железных руд, бокситов, сульфидных руд и др.).	Изменение состава пород под влиянием гидротермальных и метасоматических процессов, в зонах тектонических нарушений. Проявление по нарушениям малых интрузий. Приуроченность оруденения к оперяющим нарушениям и трещинам. Неоднородность состава формаций, слагающих пикитивные структуры. Изменение состава вмещающих пород окрестного пространства; проявление рассеянной рудной минерализации. Присутствие в составе руд ферромагнитных минералов (магнетита, титано-магнетита, пирротина и др.).
	а) крупномасштабная		
	б) детальная	Выделение рудных залежей.	

Таблица I

ные геофизические поиски
(масштаб 1:50000 - 1:25000)

Геофизические предпосылки	Основные элементы методики и техники	Результативные материалы и информация
5	6	7
Изменение магнитных свойств пород под влиянием гидротермальных и метасоматических процессов. Зависимость свойств от направления и степени проявления этих процессов. Наличие слабых магнитных свойств у осадочных, метаморфических, вулканогенных и интрузивных (кислого состава) образований. Изменение магнитных свойств пород в зоне тектонических нарушений. Дифференциация магнитных свойств пород, слагающих пикитивные структуры. Изменение магнитных свойств вмещающих пород окрестного пространства. Наличие магнитных свойств у руд (сильных, средних или слабых).	Съемка с самолета или вертолета. Аппаратура: квантовые и протонные аэромагнитометры. Каркасная сеть: система опорных и секущих маршрутов. Учет вариаций: наземные МВС. Крупномасштабная съемка: м. 1:50000-1:25000, маршруты через 250-500 м; высота полетов 50-200 м; плановая привязка маршрутов: фотографическая (± 60 м), доплеровская ($\pm 40-50$ м) или радиогеодезическая ($\pm 15-20$ м), точность $\pm 2-3$ нТл. Детальная съемка: м. 1:10000, маршруты через 100 м; высота полетов 25-100 м; плановая привязка маршрутов-радиогеодезическая ($\pm 10-25$ м); точность $\pm 1-2$ нТл.	Карты изодинам ΔT и карты графиков ΔT в масштабе 1:50000-1:10000. Сводная магнитная карта масштаба 1:200000-1:100000. Карты региональных полей и остаточных аномалий. Карты элементов магнитного поля (зоны градиентов, контуры и оси аномалий). Петромагнитные карты и разрезы. Схемы литолого-структурных элементов по магнитным данным. Элементы локального прогноза и прогнозные запасы магнитных руд (магнетитовых, бокситовых, пирротинных и др.).

	I	2	3	4	
аэрогеофизическая	Аэрорадиометрическая съемка (гамма-спектрометрическая)	Выделение зон гидротермально-го изменения, калиевого метасоматоза, перспективных на редкое металлическое сырье. Поиски рудоносных формаций, с которыми связаны эндогенные месторождения тантала, ниобия, бериллия, олова, вольфрама, молибдена, золота, серебра. Поиски экзогенных месторождений бокситов, фосфоритов, редкометаллических россыпей и др. Поиски радиоактивных руд.	Возрастание содержания радиоактивных элементов в магматических породах с увеличением их кислотности или щелочности. Перераспределение радиоактивных элементов под воздействием гидротермально-метасоматических процессов. Повышенные фоновые содержания урана, тория в бокситах, морских фосфоритах, черных сланцах. Присутствие радиоактивных элементов в россыпях.		
Комплексная	Аэроэлектроразведочные работы.	Выделение и изучение рудоносных структур и формаций, рудных зон.	Приуроченность рудных месторождений к структурам и формациям определенного состава и возраста.		

Продолжение табл. I

5	6	7
Изменение радиоактивности пород под воздействием гидротермально-метасоматических процессов. Повышенная радиоактивность рудоносных магматических формаций кислого и щелочного ряда. Пониженная радиоактивность осадочных руд бокситов, фосфоритов, бентонитов и др. Радиоактивность образований россыпей.	Самолет или вертолет. Аппаратура: четырехканальные гамма-спектрометры. Точность измерений по урану $0,4 \cdot 10^{-4}\%$, торию $0,8 \cdot 10^{-4}\%$, калию $0,15\%$. Крупномасштабная съемка: м. 1:50000-1:25000, маршруты через 500-250м; высота полетов 50-250м. Наземная проверка: обследование аномалий и отбор проб. Детальная съемка: м. 1:10000, маршруты через 100м, высота полетов 25-100м. Наземная проверка: профильные или площадные геофизические, геологические и горно-буровые работы.	Карты содержания радиоактивных элементов и их соотношений. Карты суммарной (общей) радиоактивности. Интерпретационные схемы по мультипликативному параметру (F_g) , эмпирическое соотношение правдоподобия (ℓ) и другим. Схемы размещения радиоактивных рудных формаций, зон проявления гидротермально-метасоматических процессов, рудных зон редкометаллической минерализации. Элементы локального прогноза полезных ископаемых.
Изменение электрических свойств пород в зависимости от состава формаций, нарушенности и обводненности пород, проявления метаморфизма и метасоматоза.	Комплексируются с аэромагнитной и аэрогеомагнетометрической съемками. Самолет или вертолет.	Карты результатов интерпретации аэрогеофизических материалов.

Комплексная аэрогеофизическая оценка	1	2	3	4
	а) метод бесконечно- длинного кабеля (БДК)	Картирование рудо- контролирующих тек- тонических наруше- ний и узлов их пере- сечения, зон графити- зации, пиритизации, рассланцевания.	Приуроченность месторождений к зонам тектоничес- ких нарушений и узлам их пересе- чения. Проявление в рудоносных зо- нах пиритизации, графитизации и других метаморфи- ческих преобразо- ваний. Незначитель- ная (до 10-15 м) мощ- ность рыхлого покрова.	
	б) дипольное индуктив- ное профилирование (ДИП)	Выделение зон суль- фидной минерализации, тектонических нару- шений, зон метаморфиз- ма. Обнаружение депрес- сий в кровле фундамента. Определение мощности и продольной проводи- мости слоя наносов.	Наличие вулканоген- но-осадочных и метаморфических рудоносных формаций. Приуроченность орудене- ний к тектоническим структу- рам, зонам измененных пород, геоморфологическим структурам.	

5	6	7
Пониженное сопротивление у пород зон нарушений, дробления, трещиноватости, рассланцевания. Высокая проводимость графитизированных и пиритизированных образований. Различие электрических свойств пород фундамента и рыхлого покрова. Глубинность изучения до 150-200 м.	Масштаб 1:50000-1:25000. Заземленный кабель длиной до 30-40 км. Маршруты перпендикулярно кабелю через 250-500 м; высота полетов 70-100 м. Дальность полета от кабеля 15-20 км. Аппаратура двухчастотная. Измерение магнитной и электрической составляющих э.м.п.	Карты графиков модуля H_z и фазы φ_{H_z} горизонтальной составляющей вектора напряженности магнитного поля. Карты графиков эффективного сопротивления.
Дифференциация осадочных, вулканогенных и метаморфических образований по у.э.с. Изменение сопротивления пород в пределах зон нарушений, метаморфизма и метасоматизации. Электрическая контрастность рыхлых образований. Глубинность до 50 м.	Масштаб 1:50000-1:25000. Маршруты через 250-500 м. Аппаратура типа ДИП включает генераторную и приемно-измерительную группу. Используемые частоты: 312 и 5000 герц. Высота полетов 100-200 м. Разнос τ - для трос-кабеля 30-120 м.	Карты графиков величин модуля полусинусоидальной поляризации электромагнитного поля (в долях большой полуоси).

1	2	3	4
Комплексная аэрогеофизическая съемка	в) метод переходных процессов (АМПП)	Выделение и прослеживание рудоносных формаций. Поиски рудных зон с массивным или густо-вкрапленным оруденением.	Проявление гидротермально-метасоматических преобразований. Сульфидизация пород в зонах околорудных изменений. Рудные залежи представлены массивными, сплошными или густо-вкрапленными сульфидными рудами.

Съемка методом вызванной поляризации	Картирование зон рудного метаморфизма (графитизации, пиритизации, рассеянной рудной минерализации). Поиски проявлений вкрапленного сульфидного и магнетитового оруденения. Определение глубины залегания тел.	Проявление околорудных изменений пород и ореолов рассеянной минерализации. Приуроченность месторождений цветных и редких металлов к зонам графитизации и пиритизации пород. Наличие в рудах сульфидов цветных и редких металлов, магнетита.
--------------------------------------	---	---

Наземная электрогравиметрия

Продолжение табл. I

5	6	7
Низкие значения сопротивления массивных руд; пониженное сопротивление вкрапленных руд. Различия сопротивлений измененных (минерализованных и графитизированных) и неизмененных пород. Зависимость длительности затухания вихревых токов от электропроводности объекта.	Масштаб 1:25000-1:10000, маршруты через 250-100м; вертолет типа Ка-26. Величина разноса (ГК-ПЗ) 35м. Высота гондолы над поверхностью 40-50м. Длины маршрутов 10-20 км.	Карты графиков переходных процессов. Карты изолиний аномальных значений неустановившегося сигнала.
Различная электрохимическая активность электроно-проводящих минералов и ионо-проводящих пород. Повышенная поляризуемость графитизированных и пиритизированных пород. Высокая поляризуемость сульфидных и магнетитовых руд.	Масштаб 1:50000-1:25000. Сеть наблюдений (1000-250)х(50-100)м. Используется постоянный или переменный ток. Измерения способом срединных градиентов (СГ), диполь-диполь, на закрытых площадях-способом ВЗЗ. Наиболее распространены измерения ВП в импульсном или частотном вариантах.	Карты графиков η_k и ρ_k . Карты графиков $\rho_{\text{дл}}$ и ρ_k . Карты изолиний η_k и ρ_k . Вертикальные планы изолиний η_k . Карты размещения рудоперспективных аномалий.

ИЗВЕЩАНИЕ О РАБОТАХ

1	2	3	4
Съемка методом переходных процессов	Поиски месторождений сульфидных и магнетитовых руд. Выявление их крупных глубокозалегающих рудных тел. Определение размеров рудных объектов по падению и простиранию. Поиски глубоких рудоносных горизонтов. Определение мощности рыхлых отложений.	Наличие массивных сульфидных (медно-колчеданных, колчеданно-полиметаллических, медно-никелевых) и магнетитовых руд. Отличия в вещественного состава рудоносных горизонтов от вмещающих их пород. Проявление гидротермально-метасоматических изменений пород. Наличие крупных залежей массивных руд на глубине. Мощность рыхлых отложений не превышает 50-60 м.	
Съемка естественного электрического поля *	Выделение рудоперспективных зон пиритизации, графитизации, сульфидной минерализации, гидротермального изменения пород. Обнаружение рудных зон месторождений (сульфидных, магнетитовых, редкометалльных), рудоконтролирующих зон тектонических нарушений.	Наличие зон окислительных и вторичного обогащения. Приуроченность рудных зон месторождений к графитизированным, пиритизированным и сульфидизированным породам. Присутствие в рудах минеральных ассоциаций: халькопирит, пирит, пирротин, галенит, офелерит. Проявление фильтрационных процессов в зонах тектонических нарушений. Рыхлый покров до 10-15 м.	

5	6	7
Низкое электрическое сопротивление сульфидных медно-никелевых руд, медно-колчеданных и колчеданно-полиметаллических руд. Различия сопротивлений измененных и неизмененных рудоносных пород, рыхлых образований и коренных пород.	Масштаб съемки I:50000-I:25000. Сеть съемки (500-250)хх (100-250)м. Аппаратура аналоговая и цифровая для работ в однопетлевом, рамочно-петлевом, двухпетлевом вариантах. Проведение филирования: размеры петель от 600х600 м до 200х200м; зондирование: совмещенными петлями размером от 100х100м до 800х800 м.	Карты изолиний и графиков напряженности вторичного поля, размещения проводящих рудных зон. Геоэлектрические разрезы по данным зондирования. Расчетные глубины до рудных объектов. Размеры рудных объектов по простиранию и падению.
Проявление окислительно-восстановительных процессов. Высокая электрохимическая активность сульфидов, магнетита, а также графитизированных и пиритизированных пород. Видимость естественных потенциалов сульфидных и магнетитовых руд во времени. Возникновение естественных потенциалов фильтрационного происхождения.	Масштаб I:50000-I:25000; Сеть наблюдений (500-250)хх 50м. Измерения по способу потенциалов естественных наблюдений 5-10мВ. Увязка профилей в спокойном поле. Проверка аномалий на рудоносность-наблюдения в разные дни. Аппаратура: электронные компенсаторы.	Карты изолиний потенциалов естественного электрического поля, элементов Е.П. (зоны градиентов, оси аномалий, их контуры, интенсивность), размещения рудоносных формаций, рудных зон месторождений.

Продолжение табл. I

	1	2	3	4
Поискная гравиразведка	Гравиметрическая съемка *	Выделение пликтивных рудоносных структур; определение их положе- ния, размеров и элемен- тов залегания. Оконтурива- ние рудоносных интрузи- й; изучение их морфо- логии, состава. Прослежи- вание рудопроводящих разломов и рудоконтро- лирующих оперяющих на- рушений; определение их пространственного положения. Поиски руд- ных зон и крупных рудных залежей массив- ных руд.	Влияние складча- тых и дизъюнктив- ных сооружений на размещение месторождений. Приуроченность месторождений к из- гибам осей антикли- налий, к участкам виргаций складок, к куполам. Сочетание складчатых соору- жений с разрывны- ми нарушениями. Наличие оперяющих и сопряженных наруше- ний, их пересечений. Приуроченность место- рождений к зонам эндо- и экзоконтак- тов интрузивных мас- сивов.	
	Сейсморазведка рудоносных форма- ций и структур (в закрытых райо- нах)	Выделение и прослежи- вание продуктивных комплексов пород под чехлом рыхлых отложе- ний (первые сотни мет- ров). Выделение рудо- вещающих структур и изучение состава сла- гающих их формаций. Прослеживание рудо- контролирующих разло- мов по поверхности фундамента (под рыхлым	Различие веществен- ного состава продук- тивных горизонтов и вмещающих их образо- ваний, наличие струк- турного контроля в размещении орудене- ния. Приуроченность месторождений к зо- нам глубинных разло- мов. Изменение сос- тава и текстуры по- род в этих зонах.	
Сейсморазведка				

	5	6	7
Поискная гравиразведка	Дифференциация пород по плотности. Изменения ее в пределах структур, в зонах разрывных нарушений. Влияние на ее значения процессов метаморфизма и метасоматоза. Изменения плотности пород в зонах эндо- и экзоконтактов интрузивных массивов. Контрастность по плотности образований рудной зоны.	Масштаб 1:25000. Плотность опорной сети I пункта на 4-8 км ² . Сеть рядовой съемки (500-250) x (сеч. 0,25 м), (50-100) м. Продолжительность рейса между опорными точками I-I, 5 ч. Точность определения аномалий $\pm 0,07-0,08$ мГл. Аппаратура: гравиметры кварцевые и металлические астазированные. Определение высот техническим или геодезическим нивелированием ($\pm 0,2-0,4$ м).	Карты изоаномалии силы тяжести в ре-дукции Буге (сеч. 0,25 мГл), регионального поля силы тяжести и локальных (остаточных) аномалий. Карты графиков значений силы тяжести, элементов гравитационного поля (оси аномалий, зоны градиентов), размещения рудоносных структур и формаций. Петро-плотностные и морфоструктурные карты и разрезы.
	Отличия скоростных характеристик продуктивных горизонтов и вмещающих пород. Изменение скоростных параметров среды в зонах разломов и проявления рудного метаморфизма и метасоматоза. Проявление кинематических и динамических особенностей волнового поля в зонах разломов, интрузий, складок. Нали-	Профильные работы: два-три профиля в случае простого строения. Площадные работы: пересечение всей площади профилями через 2-4 км (в случае сложного строения). КМПВ: продольное и неперодольное профилирование. МОВ: непрерывное профилирование - одианное, полуторное, двой-	Сейсмогеологические и скоростные разрезы, разрезы с значениями коэффициентов поглощения, значениями коэффициентов Пуассона, модуля Юнга (по опорным профилям). Карты изогипс опорных, маркирующих и условных горизонтов.

1	2	3	4
	покровом) и на глубину (до 2-3 км). Установление их элементов залегания. Изучение морфологии рудосносных интрузий, в том числе скрытых и глубокозалегающих интрузий. Наличие продуктивных кор выветривания.	Связь месторождений с интрузивным магматизмом; влияние на их размещение морфологии интрузий. Наличие продуктивных кор выветривания.	
Литохимическая съемка (по поверхности) *	Поиски проявлений цветных, редких и рассеянных металлов по их открытым ореолам рассеяния. Выделение рудоперспективных зон гидротермального метаморфизма, рудосносных интрузий, минерализованных тектонических нарушений. Выявление ореолов легколетучих элементов-спутников скрытого рудонесения.	Выход проявлений полезного ископаемого на эрозивный срез, наличие продуктивных кор выветривания. Присутствие в рудах легколетучих элементов-спутников (ртуть, мышьяк, фтор и др.). Отсутствие или ограниченная мощность дальнеприносимых рыхлых отложений. Слабая закрытость площади рыхлым покровом.	

5	6	7
чье перепада скоростей на контакте интрузий и вмещающих образований. Различия скоростных параметров пород фундамента, образований кор выветривания и рыхлого покрова.	нов. Аппаратура: многоканальные станции типа "Поиск", ВСК. Возбуждение: взрывами, вибросейсмическим способом. Определение скоростей: сейсмоскопия, по географам, сейсмический и акустический каротажи.	Карты изоглубин поверхности закрытого складчатого фундамента; литологические схемы фундамента по упругим свойствам. Карты размещения рудосносных структур. Морфологические схемы основных нарушений, разломов, интрузий.
Способность элементов-спутников и элементов-индикаторов создавать механические, солевые и газовые ореолы рассеяния. Геохимическая специализация продуктивных комплексов пород. Высокие упругие свойства элементов-спутников. Размеры ореолов рассеяния элементов в несколько раз больше рудных тел.	Масштаб съемки I: 50000. Сеть отбора проб (500+250)х50м. Общий анализ проб полуколичественный (на 30-50 элементов). Выборочно-полный анализ (на 6-8 элементов). Отбор проб из рыхлых отложений, воздуха и растений. Анализ проб спектральный (с помощью спектрографов), выборочно атомно-абсорбционный (фотометров).	Карты изоконцентраций элементов. Карты графиков содержания элементов. Карты размещения комплексных ореолов рассеяния. Элементы металлогении и локального прогноза полезных ископаемых.

Таблица 1

I	2	3	4
Геологические съемки	Глубинная литохимическая съемка (на закрытой площади).	Поиски скрытых (под рыхлым покровом) месторождений цветных, редких и благородных металлов по их погребенным вторичным ореолам рассеяния. Изучение морфологии, положения и распространения ореолов. Прогноз полезных ископаемых,	Мощность рыхлых отложений не более 50-70м. Ограниченная мощность дальнепринесенных отложений. Наличие кор выветривания. Выход рудных тел на поверхность древнего денудационного среза. Крупные размеры ореолов рассеяния (от одного до нескольких км).
	Геологическая рекогносцировка. Геологические маршруты. Геологическое обследование аномалий. Проверочное бурение и проходка горных выработок	Задание участка. Уточнение геологической основы и геологическая привязка геофизических полей. Выяснение природы перспективных геофизических и геохимических аномалий. Вскрытие, определение состава и масштабов оруденения.	Наличие отдельных обнажений. Проявление элементов залегания пород в обнажениях. Выход на поверхность денудации образований, возмущающих геофизические поля. Проявление состава перекрытых коренных пород в

Продолжение табл. I

5	6	7
Рыхлые отложения имеют не более III категории твердости для бурения. Наличие в разрезе коры выветривания представительного горизонта. Дифференциация рыхлых отложений по естественной радиоактивности. Рассеяние в рыхлых отложениях рудной минерализации элементов-индикаторов и элементов спутников.	Масштаб съемки I:50000; сеть ходки скважин (1000+500)x(100+200)м. Детализация ореолов по сети 250x50м. Глубина скважин до 75-100м. Углубление на 2-3м в представительный горизонт. Проходка скважин станками шнекового бурения (сплошным забоем), гидропогрузчиками, станками колонкового бурения. Спектральный анализ проб с помощью спектрографов.	Поэлементные геохимические разрезы по всем линиям скважин. Поэлементные карты максимальных концентраций. Карты размещения комплексных геохимических аномалий. Элементы локального прогноза полезных ископаемых.
Зависимость физических свойств пород от их петрографического состава. Проявление в эпицентрах геофизических и геохимических аномалий геологических образований-их источников. Локальный характер "рудных" аномалий над неглубоко залегающим оруденением.	Геологическое рекогносцирование площади по отдельным пересечениям. Геологические маршруты с густотой, отвечающей масштабу I:25000. Геологическое обследование всех обнажений в пределах аномалий. Проходка линии канав и неглубоких шурфов, 1-2 скважин в эпицентре аномалий. Применяются самоходные буровые установки.	Карта фактической геологической обнаженности. Уточненная геологическая основа площади. Сведения о петрографическом составе образцов пород. Опорные геологические разрезы. Разрезы горных выработок и скважин с результатами их опробования.

1	2	3	4
Поиск скважин	Скважинные геофизические наблюдения	Выявление продуктивных образований, рудоконтролирующих структур и рудных залежей в около-, меж- и заскважинном пространстве. Корреляции структур, горизонтов, рудной минерализации, отмеченных на дневной поверхности, в скважинах и в околоскважинном пространстве.	щебенке, дресве. Проявление на поверхности или в разрезе рудной минерализации. Приуроченность оруденения к определенным горизонтам, структурам, зонам метасоматитов. Преимущественно крутое или вертикальное падение рудных залежей. Изменение вещественного состава пород в рудной зоне, проявление окolorудных изменений пород.
			Различия состава, структуры и текстуры продуктивных горизонтов и вмещающих пород. Проявление в разрезе скважин нарушений, трещиноватости, расслаивания, изменения состава пород под влиянием рудного метасоматоза, окolorудных процессов. Вскрытие скважиной рудной минерализации, рудных залежей.
Поиск скважин	Каротажи картированных и проверочных скважин	Литологическое расчленение разреза, выделение продуктивных горизонтов. Изучение структурных условий разреза. Выделение рудных подсечений, уточнение их положения, мощности. Изучение вещественного состава оруденения. Определение физических свойств пород и руд.	Различия состава, структуры и текстуры продуктивных горизонтов и вмещающих пород. Проявление в разрезе скважин нарушений, трещиноватости, расслаивания, изменения состава пород под влиянием рудного метасоматоза, окolorудных процессов. Вскрытие скважиной рудной минерализации, рудных залежей.

Продолжение табл. I

5	6	7
Контрастность физических свойств продуктивных образований. Изменение физических свойств пород под воздействием метасоматических процессов, окolorудных изменений. Различия физических свойств рудных образований и вмещающих пород.	В проверочных скважинах. Скважинная магнитоторазведка, наблюдения методами вызванной поляризации, естественного электрического поля, элементами переходных процессов ВСП. Аппаратура: специальная скважинная.	Геологические разрезы с результатами наблюдений. Карты участка с глубинами структур, продуктивных образований, скрытыми рудными залежами. Элементы локального прогноза полезных ископаемых.
Дифференциация пород разреза по магнитным, электрическим, плотностным, упругим и радиоактивным свойствам. Изменение физических свойств в зонах нарушений, трещиноватости, расслаивания, под влиянием рудного метасоматоза, окolorудных процессов. Контрастность руд по физическим свойствам.	Полный охват скважин каротажом. Применяемые модификации: электрический каротаж-КС, ПС, ТК; магнитный каротаж-КМБ; сейсмический каротаж-акустический; ядерно-физический каротаж-ГК, ГТК-П, ГТК-С; термический каротаж-ТМК. Аппаратура: специальная каротажная.	Уточненные геологические колонки скважин. Предварительные сведения о положении, мощности и вещественном составе рудных подсечений. Данные о физических свойствах пород и руд разреза. Сведения о геологической природе геофизических и геохимических аномалий.

Подсистема - Детальные поиски
и поисково-оценочные

Вид работ	Методы и методики	Основные геологические задачи	Геологические предпосылки
1	2	3	4
Поиск рудных залежей	Съемка методом вызванной поляризации	а) Выделение рудной минерализации и гидротермально измененных пород. Поиски залежей сульфидных руд. Обнаружение магнетитовых залежей в условиях развития трапповых покровов и горизонтальном залегании. Выделение рудных зон и штокверков редкометалльных месторождений. б) Выяснение геологической природы аномалий ВП, МПП, геохимических. Изучение внутреннего строения рудных зон. Оценка распространения оруденения на глубину.	Глубина залегания рудных тел до 100-150 м. Вкрапленная, прожилково-вкрапленная, массивная текстура сульфидных и магнетитовых руд. Проявление вокруг залежей ореолов рассеянной минерализации. Изменение вещественного состава вмещающих пород под влиянием окорудных процессов. Сочетание на магнетитовых месторождениях крутопадающих и горизонтально залегающих рудных залежей.

Таблица 2

рудных месторождений (а)
геофизические работы (б)

Геофизические предпосылки	Основные элементы методики	Результативные материалы и информация
5	6	7
Высокая поляризуемость сульфидных руд: у вкрапленных 5-45%, у сплошных 25-65%. Удельное сопротивление: сплошных менее 1 Ом-м, вкрапленных от первых единиц до 100 Ом-м. Поляризуемость магнетитовых руд с содержанием железа 20-67% в пределах 20-60%. Повышенная поляризуемость вмещающих пород, измененных окорудными процессами (до 20-30%).	а) Масштаб 1:10000. Сеть наблюдений (100-200)х(20-40 м). Постоянный или переменный ток. Модификации: СТ-ВП, КИ-ВП, ДИ-ВП, ВЗЗ-ВП. б) Изучение аномалий ВП модификациями анодной поляризации, нелинейных процессов, кажущейся анизотропии, ранней стадии и др. Глубинные модификации ВЗЗ-ВП, ДЗЗ-ВП, ВП с измерением магнитной компоненты, заряд ВП. Масштаб 1:10000-1:5000. Микросъемки КИ-ВП в пределах рудных зон; масштаб 1:1000.	Карты графиков η_k и ρ_k . Карты графиков η_{el} и ρ_k . Карты изолиний η_k и ρ_k . Вертикальные планы изолиний η_k . Карты размещения рудных зон месторождений и рудных залежей. Оценка прогнозных запасов металла.

в
 м
 н
 о
 в
 а
 в
 а
 в
 а
 в
 а
 в
 а
 в
 а
 в
 а
 в
 а
 в
 а
 в
 а
 в
 а
 в
 а
 в
 а
 в
 а
 в
 а
 в
 а
 в
 а
 в
 а
 в
 а
 в
 а
 в
 а
 в
 а
 в
 а
 в
 а
 в
 а
 в
 а
 в
 а
 в
 а
 в
 а
 в
 а
 в
 а
 в
 а
 в
 а
 в
 а
 в
 а
 в
 а
 в
 а
 в
 а
 в
 а
 в
 а
 в
 а
 в
 а
 в
 а
 в
 а
 в
 а
 в
 а
 в
 а
 в
 а
 в
 а
 в
 а
 в
 а
 в
 а
 в
 а
 в
 а
 в
 а
 в
 а
 в
 а
 в
 а
 в
 а
 в
 а
 в
 а
 в
 а
 в
 а
 в
 а
 в
 а
 в
 а
 в
 а
 в
 а
 в
 а
 в
 а
 в
 а
 в
 а
 в
 а
 в
 а
 в
 а
 в
 а
 в
 а
 в
 а
 в
 а
 в
 а
 в
 а
 в
 а
 в
 а
 в
 а
 в
 а
 в
 а
 в
 а
 в
 а
 в
 а
 в
 а
 в
 а
 в
 а
 в
 а
 в
 а
 в
 а
 в
 а
 в
 а
 в
 а
 в
 а
 в
 а
 в
 а
 в
 а
 в
 а
 в
 а
 в
 а
 в
 а
 в
 а
 в
 а
 в
 а
 в
 а
 в
 а
 в
 а
 в
 а
 в
 а
 в
 а
 в
 а
 в
 а
 в
 а
 в
 а
 в
 а
 в
 а
 в
 а
 в
 а
 в
 а
 в
 а
 в
 а
 в
 а
 в
 а
 в
 а
 в
 а
 в
 а
 в
 а
 в
 а
 в
 а
 в
 а
 в
 а
 в
 а
 в
 а
 в
 а
 в
 а
 в
 а
 в
 а
 в
 а
 в
 а
 в
 а
 в
 а
 в
 а
 в
 а
 в
 а
 в
 а
 в
 а
 в
 а
 в
 а
 в
 а
 в
 а
 в
 а
 в
 а
 в
 а
 в
 а
 в
 а
 в
 а
 в
 а
 в
 а
 в
 а
 в
 а
 в
 а
 в
 а
 в
 а
 в
 а
 в
 а
 в
 а
 в
 а
 в
 а
 в
 а
 в
 а
 в
 а
 в
 а
 в
 а
 в
 а
 в
 а
 в
 а
 в
 а
 в
 а
 в
 а
 в
 а
 в
 а
 в
 а
 в
 а
 в
 а
 в
 а
 в
 а
 в
 а
 в
 а
 в
 а
 в
 а
 в
 а
 в
 а
 в
 а
 в
 а
 в
 а
 в
 а
 в
 а
 в
 а
 в
 а
 в
 а
 в
 а
 в
 а
 в
 а
 в
 а
 в
 а
 в
 а
 в
 а
 в
 а
 в
 а
 в
 а
 в
 а
 в
 а
 в
 а
 в
 а
 в
 а
 в
 а
 в
 а
 в
 а
 в
 а
 в
 а
 в
 а
 в
 а
 в
 а
 в
 а
 в
 а
 в
 а
 в
 а
 в
 а
 в
 а
 в
 а
 в
 а
 в
 а
 в
 а
 в
 а
 в
 а
 в
 а
 в
 а
 в
 а
 в
 а
 в
 а
 в
 а
 в
 а
 в
 а
 в
 а
 в
 а
 в
 а
 в
 а
 в
 а
 в
 а
 в
 а
 в
 а
 в
 а
 в
 а
 в
 а
 в
 а
 в
 а
 в
 а
 в
 а
 в
 а
 в
 а
 в
 а
 в
 а
 в
 а
 в
 а
 в
 а
 в
 а
 в
 а
 в
 а
 в
 а
 в
 а
 в
 а
 в
 а
 в
 а
 в
 а
 в
 а
 в
 а
 в
 а
 в
 а
 в
 а
 в
 а
 в
 а
 в
 а
 в
 а
 в
 а
 в
 а
 в
 а
 в
 а
 в
 а
 в
 а
 в
 а
 в
 а
 в
 а
 в
 а
 в
 а
 в
 а
 в
 а
 в
 а
 в
 а
 в
 а
 в
 а
 в
 а
 в
 а
 в
 а
 в
 а
 в
 а
 в
 а
 в
 а
 в
 а
 в
 а
 в
 а
 в
 а
 в
 а
 в
 а
 в
 а
 в
 а
 в
 а
 в
 а
 в
 а
 в
 а
 в
 а
 в
 а
 в
 а
 в
 а
 в
 а
 в
 а
 в
 а
 в
 а
 в
 а
 в
 а
 в
 а
 в
 а
 в
 а
 в
 а
 в
 а
 в
 а
 в
 а
 в
 а
 в
 а
 в
 а
 в
 а
 в
 а
 в
 а
 в
 а
 в
 а
 в
 а
 в
 а
 в
 а
 в
 а
 в
 а
 в
 а
 в
 а
 в
 а
 в
 а
 в
 а
 в
 а
 в
 а
 в
 а
 в
 а
 в
 а
 в
 а
 в
 а
 в
 а
 в
 а
 в
 а
 в
 а
 в
 а
 в
 а
 в
 а
 в
 а
 в
 а
 в
 а
 в
 а
 в
 а
 в
 а
 в
 а
 в
 а
 в
 а
 в
 а
 в
 а
 в
 а
 в
 а
 в
 а
 в
 а
 в
 а
 в
 а
 в
 а
 в
 а
 в
 а
 в
 а
 в
 а
 в
 а
 в
 а
 в
 а
 в
 а
 в
 а
 в
 а
 в
 а
 в
 а
 в
 а
 в
 а
 в
 а
 в

5	6	7
Высокая проводимость массивных сульфидных и магнетитовых руд (меньше 1-10 Ом·м). Повышенная проводимость изверженных пород околорудного пространства ($R \cdot 10 - R \cdot 100$ Ом·м). Низкое сопротивление (от единиц до десятков Ом на метр).	а) Масштаб 1:10000. Карты графиков ЭДС профилирование: поисковый вариант — однопетлевой или с совмещенными петлями, сеть (100-200)хх (50-100 м); зондирование с совмещенными или разнесенными петлями; размер петель от 50х50 до 200х200 м. б) Масштаб 1:5000. Сеть (100-20)х(20-50 м). Профилирование: рамочный вариант, приемная петля по системе профилей внутри генераторной петли размером до 600х600 м.	Карты графиков ЭДС переходных процессов. Карты изолиний ЭДС переходных процессов. Геоэлектрические разрезы по данным зондирования. Карты расчетных глубин до рудных объектов. Карты размещения основных рудных залежей. Размеры рудных объектов; форма сечения рудных тел.
Благоприятная физико-химическая обстановка — распространение оруденения в зоне окисления и восстановления, ограничена мощность зон окисления. Способность оруденения поляризоваться в естественных полях.	а) Масштаб 1:10000-1:5000. Сеть съемки (100-50)х(20-40) м. Измерения способами окисления, потенциала. б) Детализационные наблюдения в разное время. Микросъемка способом потенциала, масштаб 1:2000-1:1000.	Карты размещения рудоносных формаций, рудных зон и отдельных рудных залежей. Карты графиков ΔU . Карты изолиний ΔU .

Продолжение табл.2

ПОИСКОВЫЕ РАССЛЕДОВАНИЯ

1	2	3	4
Электропрофилирование (одна из методов): комбинированное (КП); симметричное (СЭП); срединного градиента (СТ); дипольное индуктивное (ДИП); незаземленной петли (НП); длинного кабеля (ДК); радиоволновое (СДВР).	а) Выявление рудных зон, отдельных рудных залежей. Картирование рудоуправляющих нарушений, Приуроченность зон измененных пород, денек к тектоническим нарушениям, кварцевых жил. Выделение и изучение геоморфологических структур, кор выветривания, обнаружение осадочных и метаморфогенных месторождений железа, марганца, фосфоритов и др. б) Изучение внутреннего строения рудных зон, прослеживание зон рудного метасоматоза и метаморфизма. Определение элементов залегания, месторождений. размеров, пространственного положения рудных залежей.	Изменение состава, структуры, текстуры пород в пределах рудных зон. Приуроченность ору- ческим нарушениям, зонам пиритизации, графитизации, окварцевания. Связь ору- денения с геомор- фологическими структурами (депрессиями, карстами, погребенными долинами) и корами выветривания. Развитие осадочных и метаморфогенных Покров рыхлых от- ложений не превышает 15-20 м.	

5	6	7
Дифференциация пород по электрическому сопротивлению.Изменение электрических свойств пород в пределах рудных зон,рудоуправляющих нарушений,под влиянием вторичных изменений,метаморфизма.Отличие сопротивлении коренных пород,образований кор выветривания и рыхлого покрова.Контрастность электрических свойств рудоносных осадочных и метаморфических образований.	а)Масштаб 1:10000-1:5000.Сеть наблюдений(200-50)x(40-20)м.Радиоволновое профилирование: Измерение магнитной и электрической составляющих электромагнитного поля частоты 10-30 кГц.Индуктивное профилирование(ДИП, ДК).Индуктивный способ задания первичного поля,измерение его магнитной компоненты.В методе ДК первичное поле задается с помощью длинного кабеля(2-4 км), в методе ДИП - магнитных диполей.	Карты графиков электропрофилирования.Карты изоом.Карты кажущейся проводимости ДИП. Карты элементов электромагнитного поля(различные компоненты, оси аномалий,зоны электрических неоднородностей и др.). Карты размещения рудных аномалий и зон проводимости,прогибных горизонтов,геоморфологических структур, элементов прогноза полезных ископаемых.
	б)Метод НП.Масштаб 1:5000-1:2000.Сеть (100-50)x(20-10)м.Заземление с помощью незаземленной петли. Микроэлектрические съемки СЭП.Масштаб 1:2000-1:1000.	

1	2	3	4
Электронизация одним из методов (ВЗЗ, ДЗЗ, ЧЗЗ)	а) Поиски глубоко залегающих рудоносных горизонтов, рудных залежей. Изучение рудоперспективных геоморфологических структур (погребенных доли, депрессий). Уточнение мощности и состава рыхлого покрова и коры выветривания, рельефа поверхности фундамента. б) Изучение рудоперспективных аномалий на глубину. Определение положения рудного объекта в вертикальной плоскости.	Наличие полого залегающих пластовых рудных залежей. Отличие состава и текстуры пород рудной зоны и вмещающих образований. Приуроченность месторождений к геоморфологическим структурам, корам выветривания. Наличие вторичных руд железа.	Связь оруденения с кварцевыми, кварц-турмалиновыми и турмалин-сульфидными жилами, зонами грейзенов, тектоническими нарушениями, пегматитами. Присутствие в рудах сульфидов (галенита, пирита, халькопирита). Мощность рыхлых отложений не превышает 10-15 м.
Съемка сейсмо-электрическим методом	а) Выявление и прослеживание руднокварцевых и пегматитовых тел. Опосредованное флангов месторождений. б) Оценка и разбраковка геофизических аномалий. Определение формы и элементов залегания рудных тел.	Связь оруденения с кварцевыми, кварц-турмалиновыми и турмалин-сульфидными жилами, зонами грейзенов, тектоническими нарушениями, пегматитами. Присутствие в рудах сульфидов (галенита, пирита, халькопирита). Мощность рыхлых отложений не превышает 10-15 м.	Связь оруденения с кварцевыми, кварц-турмалиновыми и турмалин-сульфидными жилами, зонами грейзенов, тектоническими нарушениями, пегматитами. Присутствие в рудах сульфидов (галенита, пирита, халькопирита). Мощность рыхлых отложений не превышает 10-15 м.

5	6	7
Дифференциация рудоносных и вмещающих их пород по электрическому сопротивлению. Электрическая контрастность руд. Отличие по сопротивлению коренных пород, образований кор выветривания и рыхлого покрова.	а) Площадные работы масштаба 1:10000-1:25000. Сеть наблюдений (250-100)х(250-100)м. б) Профильные работы на аномалиях (по 3-4 пересечениям). ВЗЗ с АВ до 3-5 км; ЧЗЗ с частотами от 0,04 до 250 Гц.	Вертикальные разрезы по ρ_k . Карты изогипс опорного горизонта. Карты изометрии. Карты размещения геоморфологических структур, кор выветривания, глубоких рудных горизонтов.
Наличие у пород, состоящих из пьезоактивных минералов, пьезоэлектрических свойств. Проявление сейсмoeлектрической активности горных пород и руд. Возникновение электрических сигналов под действием упругих колебаний у сульфидных минералов и у пород зон тектонических нарушений.	Масштаб наземной съемки 1:5000. Схемы наблюдений: поперечное или комбинированное профилирование. Частоты сигналов в диапазоне 600-3500 Гц. Возбуждение упругих колебаний взрывом или ударным способом. Прием сейсмoeлектрических сигналов градиентными установками. Расстояние между электродами 15 м, между их парами 20 м.	Карты графиков амплитуд сейсмoeлектрических сигналов. Карты графиков отношения амплитуд к сейсмическим сигналам. Сейсмoeлектрические разрезы с контурами рудных тел. Карты сейсмoeлектрических аномалий.

1	2	3	4
Гравиметрическая съемка	а) Изучение структурных условий рудопроявлений и выделение рудоуправляющих структурных элементов. Выделение рудных зон месторождений. Прямые поиски месторождений массивных руд (железа, хрома, медно-колчеданных, медно-никелевых, колчеданно-полиметаллических и др.). б) Определение пространственного положения и условий залегания залежей. Изучение природы геофизических и геохимических аномалий.	Приуроченность месторождений к складкам, разрывным нарушениям, зонам контактов интрузивных массивов, расчлененным и многофазным интрузиям, вулканическим сооружениям. Проявление изменений пород окорудного пространства. Массивные руды (сульфидные, магнетитовые, хромитовые, баритовые) на глубинах до 300-500 м.	Массивный характер руд (сульфидных, хромитовых, магнетитовых). Пегматитовые жилы крупного падения. Рудоперспективные локальные геофизические и геохимические аномалии.
Градиентометрическая (вариометрическая) съемка (выборочно)	Детальные поиски залежей массивных (сульфидных, магнетитовых, хромитовых) руд на глубинах 50-100 м, в том числе малых размеров. Поиски пегматитовых тел. Оценка природы аномалий другими методами.		

Продолжение табл. 2

5	6	7
Дифференциация пород рудного поля по плотности; ее изменения в зонах структурных ослонений. Плотностная контрастность образований рудных горизонтов. Изменение плотности вмещающих пород под влиянием рудного метасоматоза. Высокие значения плотности руд (г/см^3): медно-колчеданных - 4,0-4,8; колчеданно-полиметаллических - 3,9-4,7; медно-никелевых - 4,0-4,7; кремнисто-железистых формаций - 4,5; магнетитовых - 4,3-4,7; хромитовых - 3,2-4,6. Высокие плотностные свойства массивных сульфидных, хромитовых, магнетитовых руд. Дефицит плотности у пегматитовых тел более $0,2 \text{ г/см}^3$ по сравнению с вмещающими породами.	а) Масштаб 1:10000. Карты изоаномал Δg в редукции Буте с сечением опорной сети 1 пункт на $0,1-0,2 \text{ мГл}$. Кар-ты регионального поля и локальных аномалий силы тяжести. Карты графиков значений силы тяжести. Петроплотностные карты и разрезы. Карты элементов гравитационного поля (оси аномалий, зоны градиентов). Карты размещения рудоносных структур, рудоуправляющих структурных элементов, рудных зон и тел. б) Масштаб 1:10000-1:5000. Сеть наблюдений $100 \times 20 \text{ м}$; $50 \times 10 \text{ м}$. Точность съемки $\pm 5-8 \text{ В}$. Аппаратура: градиентометры, вариометры.	Планы векторов градиента силы тяжести. Карты изоаномал силы тяжести, построенные путем пересчета вторых производных в первые (сеч. $0,1-0,2 \text{ мГл}$). Карты размещения рудных зон и тел.

1	2	3	4
Магнитометри- ческая съемка	а) Картирование рудо- вещающих пород, ру- доконтролирующих раз- рывных нарушений, зон их сопряжения, рудонес- ных интрузий. Выделе- ние и изучение зон гидротермально-мета- соматически измененных пород. Прямые поиски оруденения, в том числе слабомагнитного (желез- ного, марганцевого, су- льфидного и др.). б) Детализация, проверка и оценка рудоперспектив- ных аномалий. Изучение внутреннего строения рудных зон. Обнаружение слабых эффектов от скры- того оруденения.	Слоистые толщи, благо- приятные для размещения оруденения. Дайки, штоки и другие интрузивные и экструзивные тела, секу- щие массивные породы. Приуроченность место- рождений к разрывным нарушениям, интрузиям, вулканическим аппаратам. Изменение вещественно- го состава пород под влиянием гидротермаль- но-метасоматических процессов. Присутствие в рудах ферромагнит- ных минералов.	

5	6	7
Магнитность, в том числе слабая, рудо- носных формаций, про- дуктивных горизонтов. Дифференциация вмеща- ющих пород по магнитным свойствам. Изменение магнитных параметров пород в зонах структур- ных осложнений, метамор- фических преобразова- ний. Магнитность суль- фидных, железных, марган- цевых, окисловых и дру- гих руд.	Масштаб 1:10000-1:2000. Опорная сеть-опорно- уязвочные маршруты. Ап- паратура: протонные и квантовые магнитомет- ры, пешеходные, авто- мобильные. Сопровождя- ется магнитовариацион- ными измерениями. а) Сеть рядовой съемки (100+50)x(20+5)м; точность $\pm(2+3)$ нТл, вы- сота измерений 2-3м, моносистема профи- лей в простых геоло- гических условиях, ортогональные систе- мы профилей в слож- ных условиях. б) Детализационные съемки, сеть (50+20)x x(10+5)м; точность $\pm(1+2)$ нТл; высота измерений 2м. Микромаг- нитные съемки-площадок и полос, корреляционным способом; масштаб 1:1000- 1:500, точность 0,5-1,0 нТл. Повисотные измерения по интерпретационным профилям.	Карты графиков наб- люденного магнитного поля и остаточных аномалий. Карты изо- дипам (наблден- ного поля, региональ- ных и локальных ано- малий). Карты эле- ментов магнитного поля. Петромагнит- ные карты и разре- зы. Карты результа- тов интерпретации. Оценка прогнозных запасов магнитных руд.

Продолжение табл.2

1.	2	3	4
Гамма-спектрометрическая съемка	а) Поиски рудных зон эндогенных месторождений редких и благородных металлов, радиоактивных руд; экзогенных месторождений бокситов; фосфоритов, бентонитов, россыпей. Выделение и прослеживание рудоперспективных зон гидротермально-метасоматических изменений вмещающих пород. б) Изучение природы и оценка перспектив геофизических и геохимических аномалий.	Перераспределение радиоактивных элементов при гидротермально-метасоматических изменениях. Наличие геофосфоритов, бентонитов, россыпей. Наличие парагенетической связи эндогенного оруденения с магматическими породами кислого или щелочного ряда. Обогащение радиоактивными элементами рудовмещающих толщ экзогенных месторождений бокситов, фосфоритов, бентонитов, а также россыпей. Преимущественно одноярусное строение площади и небольшая мощность рыхлых отложений.	

5	6	7
Дифференциация пород по радиоактивным свойствам. Повышенная радиоактивность у пород кислого и щелочного ряда. Изменение радиоактивности пород рудных зон под влиянием гидротермально-метасоматических процессов. Повышенная радиоактивность боксито-, бентонито-, фосфоритоносных отложений, а также россыпей. Различная природа радиоактивности.	Пешеходный и автомобильный варианты съемки. Аппаратура: спектрометры пешеходные, автомобильные; надежность определений - тысячные доли концентраций урана (по радио) и тория, а также 0,5% калия. а) Масштаб 1:10000-1:5000. Сеть наблюдений (100+50)х(20+10)м. Выполняется после установления мощности рыхлых образований. б) Детализационные съемки, сеть (50+20)х(10+5)м, в пределах рудных зон, рудоперспективных аномалий.	Карты общей радиоактивности, содержания радиоактивных элементов и их отношений. Интерпретационные схемы по различным параметрам. Петро-радиоактивные карты и разрезы. Карты элементов поля радиоактивности. Карты размещения радиоактивных рудоносных формаций, изменений пород, рудных зон месторождений.

О-ф-и-з-и-ч-е-с-к-и-е-с-ъ-е-м-к-и

1	2	3	4
Гамма-нейтронная (фотонейтронная) съемка	б) Поиски месторождений бериллия. Оценка природы геофизических и геохимических аномалий, установление их связи с бериллиевым оруденением.	Наличие ореолов рассеяния бериллия. Неглубокое залегание рудных залежей бериллия. Рыхлый покров отсутствует или имеет незначительную мощность.	
Нейтронно-активационная (фторометрическая) съемка	а) Поиски фторосодержащих полезных ископаемых. Оценка содержания в поверхностном слое F, Al, V, Si, Co, Mn. б) Оценка природы геофизических и геохимических аномалий и установление их связи с фторосодержащим сырьем.	Присутствие фтора в апатитах, фосфоритах, флюорите, в ртутносурьмяных и других рудах. Наличие ореолов рассеяния фтора на их месторождениях. Рыхлый покров отсутствует или имеет незначительную мощность.	

И д е р и о ф о н з н а ч е н и е

5	6	7
Наличие фотонейтронной реакции на Be. Линейная зависимость показаний метода от концентраций Be. Показания практически не зависят от изменения влажности пород в интервале 0-20% и плотности в диапазоне 2,4-3,0 г/см ³ .	б) Масштаб 1:5000. Сеть наблюдений 50x(20+10)м. В аномальных зонах. Авто-мобильный и пешеходный варианты. Аппаратура: переносные бериллометры. Чувствительность 10000-12000 имп/мин на 1% Be.	Карты размещения ореолов рассеяния Be, рудных зон месторождений Be.
Наличие реакций активации фтора. Слабое влияние на показания фторометрической съемки (изменение излучения на 10-15%) изменений плотности (до 0,6-0,7 г/см ³) и влажности (до 25-30%) породы.	а) Масштаб 1:10000-1:5000. Сеть наблюдений (100-50)x(40-10)м. Наблюдения проводят на поверхности земли или в закопках. Аппаратура: фторометры. Измерение фона (имп/мин) при удалении источника нейтронов не менее чем на 5 м. Порог чувствительности - 0,05% F.	Карты размещения ореолов рассеяния фтора, рудных зон месторождений фторосодержащего сырья.
	б) Детализационные наблюдения в аномальных зонах. Сеть (50+20)x(10+5)м.	

1	2	3	4
Литохимическая съемка по открытым вторичным ореолам рассеяния.	а) Поиски месторождений цветных, редких и благородных металлов, ходящих на эрозионный срез. Выделение рудных зон месторождений, рудоуправляющих структурных элементов, продуктивных горизонтов, гидротермальных метасоматитов. Оценка прогнозных запасов полезных ископаемых.	Активная денудация, развитие кор выветривания. Отсутствие отложений, алого-далекоинный состав рыхлых образований. Активная миграция элементов-индикаторов и элементов-спутников. Мощность перекрывающих рыхлых образований не более 10-15м.	

Сейсморазведка рудного поля	а) Прослеживание продуктивных горизонтов под мощным покровом рыхлых отложений (сотни метров). Прослеживание (в плане и на глубину) рудоуправляющих нарушений, установление их элементов залегания, пространственного положения, сопряжения. Уточнение морфологии и условий залегания рудоносных интрузий; изучение их внутреннего строения, состава. Выделение интрузивных и приконтактных зон. Исследование структуры рудного поля. Выде-	Связь оруденения с элементами рудоносных структур (сводами, крыльями), тектоническими нарушениями, операционными разломами, зонами сопряжения нарушений. Изменение состава и текстуры пород в пределах структур в зонах нарушений. Влияние на размещение оруденения строения и состава интрузий.	
-----------------------------	--	--	--

Продолжение табл.2

5	6	7
Превышение концентраций элементов-индикаторов и элементов-спутников в ореоле над фоновыми содержаниями (в десятки раз). Увеличенные размеры ореолов по сравнению с выходами рудных тел (в несколько раз). Повышенные концентрации элементов в продуктивных горизонтах и в метасоматитах.	Масштаб съемки 1:10000-1:5000. Сеть отбора проб 100x20м; 50x20м. Глубина отбора проб 30-40см, масса проб около 200г. Обработка проб: квартование, сушка, растирание. Анализ проб: полуквантовый спектральный. Расшифровка спектрограмм на спектропроекторах или с помощью ЭИМ.	Карты изоконцентраций и графиков элементов-индикаторов. Карты размещения комплексных ореолов рассеяния, зон рудной минерализации, рудных зон месторождений, продуктивных горизонтов. Элементы металлогении и оценка прогнозных запасов месторождений.
Различие скоростных характеристик продуктивных горизонтов и вмещающих их пород. Изменение скорости пород зон нарушений, метаморфизма, различных элементов структур. Дифференциация интрузивных пород, слагающих один массив, по скорости; наличие перепада скорости на контакте массива с вмещающими образованиями. Различие скоростных параметров пород фундамента, образований кор выветривания и рыхлого покрова. Скоростная контраст-	а) Профильные работы: пересечение рудного поля двумя-тремя профилями (через 0,5-1 км) - в случае простого строения. Площадные работы: пересечение всей площади рудного поля профилями через 0,5-1 км или его полный охват пространственными системами. МОВ: непрерывное профилирование - одноканальное, полуканальное, двойное; МОГТ; РНП; ЮМНВ:	Сейсмогеологические разрезы. Разрезы распределения скоростей. Структурные карты рудного поля. Карты элементов строения перекрытого складчатого фундамента, размещения рудоуправляющих структурных элементов, продуктивных кор выветривания.

1	2	3	4
		ление и изучение рудных зон месторождений.	его приуроченность к надвигу и приконтактовым зонам.
Глубинная литохимическая съемка	а) Поиски скрытых месторождений цветных и редких металлов по их погребенным вторичным ореолам рассеяния. Выделение отдельных рудных залежей, скрытых месторождений, в том числе на закрытых флангах месторождений. Определение ожидаемых запасов полезного ископаемого.	Развитие кор выветривания. Сложный характер коры, присутствие отдельных горизонтов. Выход рудных залежей на поверхность древнего денудационного среза. Мощность рыхлых отложений не более 100 м.	
Геохимическая съемка по первичным ореолам рассеяния.	б) Поиски месторождений в слепом залегании. Оценка природы вторичных ореолов рассеяния. Изучение вертикальной и горизонтальной зональности в строении эндогенных ореолов рассеяния. Оценка уровня эрозионного среза ореолов.	Наличие первичных ореолов рассеяния элементов-индикаторов. Проявление зональности в строении ореолов рассеяния. Обусловленность морфологии и внутреннего строения ореолов структурно-морфологичес-	

Продолжение табл.2

5	6	7
ность рудной залежи.	продольное и поперечное (поперечное) профилирование. Аппаратура: многоканальные сейсмические станции. Определение скоростей: сейсмический и акустический методы.	Морфологические схемы рудоуправляющих структур.
Рыхлые отложения IU ка-	а) Масштаб съемки 1:25000. Геологические разрезы с результатами геохимического опробования. Поэлементные карты максимальных концентраций элементов (независимо от глубины отбора проб). Поэлементные геохимические разрезы. Оценка прогнозных запасов полезного ископаемого.	
тегории твердости для бурения. Возможность применения пневматического бурения сплошным забоем. Наличие рассеяния элементов-индикаторов и элементов-спутников.	б) Детализационный характер съемки. Отбор проб по всем фазам миграции элементов-индикаторов в зависимости от генетического типа месторождений. Привнос и вынос элементов из ореольного пространства. Присутствие в рудах легколетучих элементов-спутников.	Сеть проходки скважин 250х(50+100)м. Детализация ореолов по сети 125х(25+50)м. Глубина скважин до 100 м с учетом опробования всей мощности представительного горизонта. Буровые станции-пневматические. Анализ проб-спектральный.

1	2	3	4
			ким типом месторождений. Значительные размеры первичных ореолов рассеяния.

Геологические маршруты. Геологическое обследование в пределах аномалий. Привязка геологических полей к имеющейся геологической основе. Проверочные горно-буровые работы. а) Выяснение геологической ситуации в пределах аномалий. Привязка геологических полей к имеющейся геологической основе. б) Оценка природы аномалий на закрытых площадях и на глубину. Установление их рудоносности.

Проявление обна-
женности коренных
пород. Выхода руд-
ных тел или их кор-
ных зон. Провероч-
ные физические поля
выветривания на эро-
зионный срез. Заде-
вание скрытого ору-

Проявление обна-
женности коренных
пород. Выхода руд-
ных тел или их кор-
ных зон. Провероч-
ные физические поля
выветривания на эро-
зионный срез. Заде-
вание скрытого ору-

5	6	7
	спектральный (на 30-35 элементов) или атомно-абсорбционный (на 7-8 элементов).	мессенция геохимических аномалий и рудных зон. Предварительная оценка масштаба оруденения и соотношения содержа- ний элементов.

Четкое выражение эпицент- ров геофизических аномалий. Зависимость физических свойств пород от масштаба петрографического состава и физических свойств их минералогического состава. Локальный ха- рактер "рудных" аномалий. а) Геологические маршруты с густой отвечающей чesкая геологическая карта участка. Сведения о петрографическом составе пород и минералогическом составе руд. Опорные геологические разрезы через проявления и месторождения. Разрезы горных выработок и скважин. б) Проходка двух-трех линий канав и неглубоких шурфов и одного-двух профилей скважин.

Продолжение табл.2

Геофизика

1	2	3	4
Скважинные и шахтно-рудничные геофизические наблюдения.	Обнаружение рудных залежей в около-, меж- и заскважинном (выработочном) пространстве. Увязка рудных подсечений с выходящей дневной поверхности. Изучение элементов залегания, состава, масштаба оруденения. Уточнение геолого-структурной познания месторождения.	Отличия рудной залежи по составу, отливке, Крутое залегание, простая морфология залежей. Приуроченность залежей к структурным элементам геологического разреза.	
Каротаж поисковых и проверочных скважин.	Литолическое расчленение и изучение структурных условий разреза. Выделение рудных интервалов, уточнение их строения, мощности. Исследование структуры и сплошности рудных залежей, текстуры оруденения. Изучение вещественного состава оруденения. Количественная оценка полезных компонент. Определение физических свойств пород и руд.	Изменение состава, структуры, текстуры пород под влиянием рудного метасоматоза, околорудных процессов. Вскрытие скважиной продуктивных кор выветривания, рудных залежей. Присутствие в рудах в промышленных концентрациях полезных компонент.	

5	6	7
Контрастность физических свойств рудных образований. Различия физических свойств рудовмещающих пород и неизмененных пород того же состава. Изменения физических свойств вмещающих пород в зонах рудоконтролирующих структур.	Скважины-одиночные и парные. Выполняется скважинная магниторазведка, наблюдения скважинными методами КН, ВП, МПП, МЗТ, РВП, АСМ, ПЗФ, КСНК и ЧМ, сейсмомокустическое прослушивание, прозвучивание, ВСП. Наблюдения проводятся раздельно или комплексно.	Геологические разрезы (по геолого-геофизическим данным) через рудную зону с результатами скважинных наблюдений. Планы размещения скрытых рудных залежей с элементами их морфологии. Информация о составе оруденения, его объеме. Прогнозные запасы полезного ископаемого.
Дифференциация пород разреза по физическим свойствам. Их изменение под влиянием рудного метасоматоза, структурных отложений, околорудных процессов. Различия физических свойств руд, минерализованных пород и неизмененных вмещающих пород. Высокая контрастность физических свойств руд.	Электрический каротаж: КС, РС, ТК, МЭП. Магнитный каротаж: КМВ, ЭМК. Ядерно-физический каротаж: ГР, ГТК-П, ГТК-С, ГНК, РРК, НАК. Сейсмический (ССК) и акустический (АК) каротаж. Термический каротаж (ТМК).	Уточнение геологические колонки скважин. Данные о положении, мощности, вещественном составе рудных подсечений и количественном содержании в них ископаемых металлов. Сведения о физических свойствах пород и руд разреза. Заключение о геологической природе проверяемых геофизических и геохимических аномалий. Предварительная оценка масштаба оруденения.

§ 2. Требования к выполнению и схема описания лабораторных работ

1. Лабораторные работы по комплексированию геофизических методов имеют цель закрепить на практике знания соответствующего теоретического курса и получить навыки разработки типовых и рациональных комплексов методов для поисков и разведки различных полезных ископаемых, основываясь на предложенных физико-геологических моделях объектов. Выполнение лабораторной работы рассматривается как подготовка к составлению курсового проекта, где требуется самостоятельно определить геолого-геофизические предпосылки, разработать ФГМ объекта на базе собранных во время практики материалов и обосновать комплекс методов, привязанный к определенной стадии работ на конкретном объекте, а в последующем и дипломного проекта.

2. Лабораторная работа должна быть выполнена студентом самостоятельно с использованием исходных данных, представленных в описании, а также имеющихся в источниках, указанных в списке литературы. Можно привлекать и новые публикации, которые не вошли в этот перечень, что позволит обновлять комплекс методов, основываясь на новейших достижениях разведочной геофизики. При этом необходимо обязательно делать ссылку на использованный источник.

3. Лабораторная работа должна быть оформлена в соответствии с имеющимися требованиями: в отдельной тетради или на сброшюрованных стандартных листах, иметь обложку с соответствующими надписями, написана четким почерком, хорошим литературным языком, иллюстрирована таблицами и рисунками, сопровождаться расчетом ожидаемых полей или статистическими выкладками; рисунки должны быть выполнены в туши или фломастером. Необходимые дополнения и изменения, вносимые в процессе проверки, излагаются на обратной стороне листа.

4. В помощь разработке комплекса в разделе I приведены системы геофизических работ при крупномасштабных и детальных поисках и поисково-оценочных работах в рудных районах. В них указаны методы, применяемые на этих стадиях, решаемые геологические задачи, имеющиеся для этого геологические и геофизические

предпосылки, основные элементы методики и информация. С учетом этих сведений определяются основные контуры комплекса, а его дальнейшая доработка и уточнение осуществляются с применением физико-геологического моделирования.

5. Составными частями физико-геологической модели являются:

а) геологическая модель (совокупность геологических тел и элементов геологического строения, свойственных исследуемому объекту);

б) петрофизическая модель (отражающая петрофизические характеристики основных вещественных комплексов);

в) модель физического поля (описывающая региональные и локальные геофизические поля, характерные для объекта); модель геологических (рыхлый покров, трапповые покровы, графитизация пород и т.п.), геоморфологических (дневной и подземный рельеф, депрессии в кровле коренных пород) и промышленных (ЛЭП, скважины, дороги и т.д.) помех.

Основные данные о ФГМ могут содержаться в двух- и трехмерных изображениях обобщенного геологического разреза, с петрофизическими параметрами пород и руд, геофизическими полями над разрезом, в таблицах, вариограммах и гистограммах, а также в дополнительных текстовых и графических материалах.

6. По каждому полезному ископаемому, обозначающему тот или иной практикум, может быть выполнено несколько лабораторных работ, отличающихся стадией или подстадией работ (геокартирование с общими поисками, крупномасштабные специализированные поиски, детальные поиски, поисково-оценочные работы, предварительная и детальная разведка), геологическими и геоморфологическими условиями залегания месторождений (при наличии рыхлого покрова, трапповых образований, по глубине залегания - вскрытых, погребенных, скрытых и глубокозалегающих).

Схема выполнения и описания лабораторных работ

В работе должны быть отражены следующие вопросы.

I. Цель работы (региональное изучение, геокартирование, поиски, разведка), выбор и обоснование стадии, подстадии, этапа работ (региональные геолого-геофизические исследования, геолого-

съемочные работы и общие поиски, крупномасштабные специализированные поиски, детальные поиски, поисково-оценочные работы, предварительная и детальная разведка), целевой объект изучения (регион, провинция, рудный пояс или область, район или рудный узел, рудное поле, месторождение, залежь) (рис.2).

2. Основные геологические задачи, решаемые геофизическими методами на выбранной стадии работ; требования предъявляемые к решению этих задач; конечный результат стадии (прогнозные ресурсы по категориям P_3, P_2, P_1 , запасы полезных ископаемых по категориям C_2, C_1, B и A , технико-экономический доклад - ТЭД, технико-экономическое обоснование - ТЭО).

3. Геологические и физические предпосылки для применения геофизических методов: проявление геологических ситуаций, элементов геологического строения, геологических аномалий, характерных для исследуемого объекта на выбранной стадии работ, которые могут найти отражение в геофизических полях; дифференциация геологических образований по физическим свойствам, физическая контрастность минерализованных пород и руд по сравнению с вмещающими породами, изменение физических свойств пород околорудного пространства под влиянием вторичных процессов (метаморфизма, метасоматоза, гипергенеза и других), региональные и локальные аномалии геофизических полей, отвечающие объекту изучения.

Такого рода предпосылки, основные из них, приведены в описании лабораторной работы. Из них нужно отобрать те предпосылки, которые отвечают исследуемому объекту, и дополнить их характеристиками, подчеркнутыми из литературных источников. Особо важно подчеркнуть физико-геологические условия, благоприятные для постановки геофизических работ.

4. Формирование физико-геологической модели объекта исследования на основании установленных геологических и физических предпосылок. Геологическая модель рудных объектов отражает действие таких факторов, как стратиграфический, литолого-фациальный и структурно-тектонический контроль размещения оруденения, связь оруденения с магматизмом, влияние метаморфизма и метасоматоза, морфологический тип месторождения или морфология рудных залежей, их минералогический состав. Геологическая модель нефтяного объек-

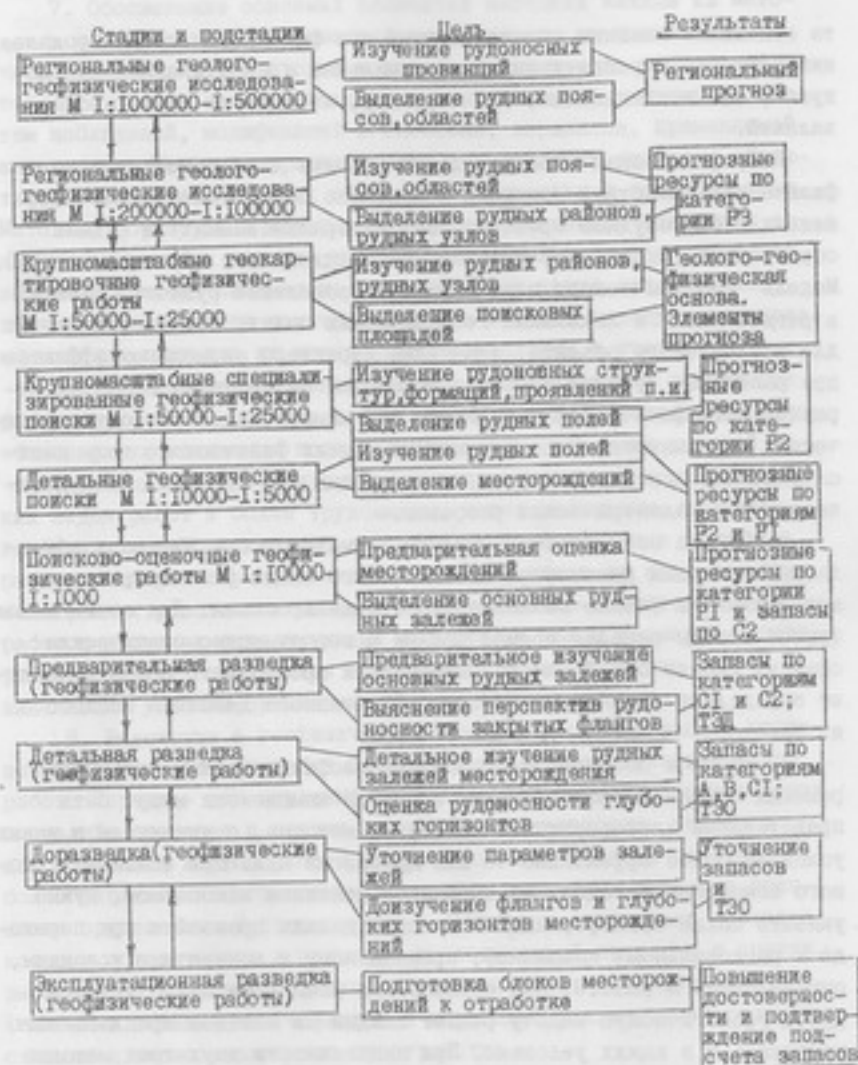


Рис.2. Схема изучения рудных объектов

та описывает главным образом первые три фактора, а также проявления нефтегазоперспективных антиклинальных и неантиклинальных ловушек, зон выклинивания, тип структур, морфологии нефтегазовых залежей.

Петрофизическая модель рудного объекта дает представление о физических свойствах основных комплексов пород (вмещающих, измененных в околорудном пространстве, минерализованных) и рудных образований (массивных, прожилково-вкрапленных и вкрапленных руд). Модель геофизического поля отражает проявление рудного объекта в региональных и локальных геофизических полях, наиболее типичных для исследуемого объекта, изменение характера аномальных эффектов при различном уровне эрозийного среза. На нефтяных объектах характер петрофизической модели тот же, меняется только состав физических параметров. В дополнение же модели физического поля дается описание основных опорных, маркирующих или условных геосейсмических и геоэлектрических разрезов.

5. Оценка возможностей каждого из методов при изучении объекта на основании имеющегося методического опыта (по литературным источникам) и физико-геологического моделирования. Для этого используются методы решения прямой задачи и вероятностно-статистические оценки. Расчет полей для разных уровней эрозийного среза позволяет определить диапазоны наиболее эффективного действия каждого из методов.

6. Выбор и обоснование комплекса геофизических методов для решения основных геологических задач. В комплексах могут быть представлены альтернативные сочетания методов, с указанием в каких условиях более эффективно то или другое из них. При описании типового комплекса методов, на выбранное полезное ископаемое, нужно указать какая трансформация комплекса должна произойти при переходе к рациональному комплексу, привязанному к конкретным условиям, определенным в работе. При обосновании комплекса нужно указать какую геологическую задачу решает каждый из методов предлагаемого комплекса и в каких условиях. При нацеленности двух-трех методов на одну и ту же задачу следует оговорить необходимость этого, какую дополнительную информацию дает их сочетание. Методы подразделяются на основные, вспомогательные и детализационные.

7. Обоснование основных элементов методики каждым из методов и методических особенностей комплексного их применения. В число этих элементов входит масштаб съемки и сеть наблюдений, точность съемки, набор питающих и измерительных установок, систем наблюдений, модификаций и способов, вариантов, применяемой аппаратуры. Методика привязывается к конкретным условиям объекта, а поэтому ее элементы отличаются четкостью и конкретностью. Методика обработки и интерпретации ограничивается описанием основных операций и выбором комплекса методов и способов решения обратной задачи. Специально оговариваются какие естественные помехи ожидаются при изучении объекта и какие методические приемы используются для их исключения, ослабления и учета.

8. Определение рациональной последовательности проведения работ различных видов и методов. Здесь обосновывается и описывается внутрикомплексная последовательность, в основе которой лежит переход от мобильных, высокопроизводительных и малотрудоемких видов работ к более трудоемким, менее мобильным, но более глубоким и информативным, от работ охватывающих всю площадь работ к выборочному применению отдельных видов на наиболее ответственных участках и затем к детализационно-оценочным видам работ в пределах перспективных аномальных зон и аномалий. Оговаривается также опережающее выполнение отдельных видов работ, выясняющих условия применения других методов.

9. Включение в геофизические комплексы региональных, картировочных и поисковых работ геологических и геохимических видов работ. Первых - для изучения геологической природы геофизических аномалий, проверки и оценки их рудоперспективности, вторых - для повышения достоверности и эффективности поисков за счет более широкого использования комплекса косвенных и прямых признаков оруденения. В проверочных и поисковых скважинах, проходках которых осуществлена в процессе геологической проверки и оценки, выполняется комплекс скважинных геофизических исследований (методами скважинной геофизики и каротажа) для изучения разреза скважины и околоскважинного пространства.

10. Ожидаемые геологические результаты и рекомендации для постановки последующих геолого-геофизических работ. При описании первых из них указываются какие участки, площади, структуры, проявления полезных ископаемых можно выявить в процессе работ, какой категории прогнозные ресурсы будут определены, какой категории запасы будут подсчитаны. Дается обоснование выделения объектов для изучения последующими геолого-геофизическими работами, специализированной геологической проверке и оценке выявленных аномалий и рудопроявлений, выдаче рекомендаций по направлению и методике последующих геолого-геофизических работ.

В конце описания лабораторной работы приводится список используемой литературы.

§ 3. Лабораторные работы по металлическим полезным ископаемым

Лабораторная работа № 1. Определение комплекса геофизических методов при поисках и разведке месторождений хромитов.

Общая задача. Определить и обосновать комплекс геофизических методов на стадиях и подстадиях:

- 1) геологическое картирование и общие поиски (масштаб 1:50000);
- 2) крупномасштабные специализированные поиски (масштаб 1:50000 - 1:25000);
- 3) детальные поиски (масштаб 1:10000);
- 4) поисково-оценочные работы (масштаб 1:10000 - 1:5000);
- 5) предварительная разведка (масштаб 1:5000 - 1:2000);
- 6) детальная разведка (масштаб 1:2000 - 1:1000).

Дополнительные условия:

- а) месторождения выходят на дневную поверхность или перекрыты рыхлым покровом 1-5 м;
- б) месторождения залегают на глубинах до 100 м, рыхлый покров до 20 м;
- в) месторождения залегают на глубинах 250-500 м, рыхлый покров до 50 м;
- г) месторождения залегают на глубинах 500 м и более, рыхлый покров до 50 м.

Задача № 1. Обоснуйте стадию или этап работ, формулируйте их целевое назначение, укажите целевой объект, определите основные геологические задачи, решаемые геофизическими работами на выбранной стадии.

Геологические предпосылки для постановки геофизических работ. Генетический тип месторождения - магматический. Месторождение образовалось в геосинклинальной области и генетически связано с интрузией ультраосновного состава. Площадь интрузии 1200 км², длина 65 км, ширина 10-30 км. Интрузия дифференцирована по составу и сложена в основном перидотитовыми серпентинитами. Оруденение локализуется в дунитовых серпентинитах, расположенных среди перидотитов в виде шпиров, полос и ядер различной мощности и размеров. В пределах интрузии развиты также породы жильного комплекса - габбро-диабазы, пироксениты, дайки которых имеют крутое падение, мощность - от единиц до первых десятков метров и протяженность до 0,5-1 км.

Форма массива лакколит, положение его контролируется глубинным разломом, вмещающие массив породы габброиды и сланцы. Рудовмещающие дуниты тяготеют к углам пересечения глубинного разлома с разрывами других направлений. Месторождения располагаются в области максимальной мощности массива и крутого падения контактов и приурочены к линейным зонам и к сводовым поднятиям массива. Месторождения включают группу рудных тел, разобщенных в плане на расстоянии 200-300 м.

Мощность рудных тел десятки метров, протяженность несколько сот метров, глубины залегания от первых метров до 1500 м, форма рудных тел - вытянутые линзы и жилы (простые и сложные), столбы или гнездообразные тела со склонением под углами 10-15°; осложнена сбросами с амплитудами до 200 м. Состав руд - хромшпинелиды, оливин, аннолизиновый lizardit. Руды густовкрапленые и сложные. В околорудном пространстве проявлена убогая мелкая вкрапленность хромшпинелидов. Зональность - дуниты слагают периферические части рудных тел, хромиты - внутренние. Контакты руд с вмещающими дунитовыми серпентинитами, как правило, резкие. Повсеместно развит чехол рыхлых отложений мощностью от первых метров до 50 м. В делении над дунитами отмечены повышенные содержания никеля. Рельеф дневной поверхности

равнинный.

Задача № 2. Сформулируйте геологическую модель объекта (рудного района, рудного узла, рудного месторождения, рудной залежи). Опишите его основные геологические характеристики.

Физические предпосылки. Плотность руд высокая - средние ее значения 3,55-3,60 г/см³, но может изменяться в зависимости от состава и текстуры руд от 3,2 до 4,6 г/см³. Избыточная плотность по отношению к вмещающим дунитовым серпентинитам изменяется от 0,8 до 1,2 г/см³. Средняя плотность дунитовых и перидотитовых серпентинитов 2,4-2,57 г/см³ и увеличивается с глубиной по мере затухания серпентинизации до 2,9-3,3 г/см³ у неизмененных перидотитов и Серпентинитов. Плотность вмещающих габброидов 2,83-2,86 г/см³, сланцев 2,65-2,75 г/см³. Наименее плотными являются образования глинистой коры выветривания и рыхлого покрова (1,6-2,0 г/см³).

Наиболее магнитными образованиями являются дунитовые (магнитная восприимчивость χ в учебнике дана в единицах СИ) $\chi = [(700 + 1150) \cdot 10^{-5}]$ и перидотитовые ($\chi = (700 + 3550) \cdot 10^{-5}$) серпентиниты. С глубиной их магнитная восприимчивость убывает (с затуханием серпентинизации) до $630 \cdot 10^{-5}$ у дунитовых серпентинитов и до $380 \cdot 10^{-5}$ у перидотитовых серпентинитов. Вмещающие породы менее магнитны, габброиды имеют $\chi = (125 + 240) \cdot 10^{-5}$, сланцы $135 \cdot 10^{-5}$. Высокая магнитность у жильных пироксенитов ($\chi = (2000 + 3000) \cdot 10^{-5}$). Вблизи контактов серпентинитов и вмещающих пород, а также рудных тел магнитность серпентинитов резко возрастает, что связано с увеличением степени серпентинизации. Руды слабомагнитны: у густоокрапленных и сплошных руд она пониженная $\chi = (65 + 190) \cdot 10^{-5}$, у вкрапленных - повышенная $(250 + 375) \cdot 10^{-5}$. Носителем магнитности хромитовых руд является вторичный магнетит из серпентинитового цемента руд. Наименее магнитны рыхлые отложения, перекрывающие коренные породы, ($\chi = 65 \cdot 10^{-5}$).

По электрическому сопротивлению четко различаются рыхлые отложения покрова и коренные породы. Это различие может достигать двух-трех порядков (у первых оно изменяется от еди-

ниц до первых десятков, реже сотен ом-метров, у вторых - от первых сотен до многих тысяч и десятков тысяч ом-метров (у неизмененных гипербазитов $1 \cdot 10^5 - 1 \cdot 10^6$ Ом·м, габброидов $1 \cdot 10^4 - 6 \cdot 10^4$ Ом·м, сланцев $1 \cdot 10^2 - 4 \cdot 10^5$ Ом·м). Наименьшее сопротивление среди пород массива у дунитовых и перидотитовых серпентинитов - 350-1000 Ом·м. У хромитовых руд высокое сопротивление (более 10^5 Ом·м). Повышенная поляризуемость наблюдается на контакте серпентинитов и рудных тел за счет вкрапленности магнетита и сульфидов.

Скоростной разрез района: наибольшие значения скорости у неизмененных пироксенитов и перидотитов - 7850-8700 м/с; у вмещающих их габброидов и сланцев они более низкие, соответственно, 6500 и 4800-6600 м/с. С возрастанием серпентинизации гипербазитов скорость понижается у серпентинизированных дунитов до 4500-5600 м/с и у серпентинизированных перидотитов до 3900-4900 м/с. У хромитовых руд и околорудных пород значения скорости продольных волн ниже на 500-1000 м/с, чем у вмещающих пород.

Рудным зонам месторождения отвечают повышенные значения коэффициента звукопоглощения α по сравнению с вмещающими серпентинитами. При частоте 3,3 кГц у рудных образований $\alpha_1 = 0,05 + 0,90$ Нп/м, у вмещающих серпентинитов $\alpha_2 = 0,01 + 0,03$ Нп/м. Резкое увеличение наблюдается у рыхлых образований приповерхностной части разреза ($\alpha_3 = 0,08 + 0,14$ Нп/м).

Хром характеризуется высокими значениями сечения поглощения тепловых нейтронов и используемого интервала энергии гамма-излучения радиационного захвата нейтронов по сравнению с другими породообразующими элементами хромитовых месторождений (кремний, алюминий, магний, водород и другие). Вследствие этих свойств хром имеет относительно большую вероятность поглощения тепловых нейтронов, а его возбужденные ядра излучают более жесткие гамма-кванты. Породы и руды могут различаться также по своей способности рассеивать и замедлять надтепловые нейтроны. Измерение плотности надтепловых нейтронов может характеризовать изменение водородосодержания породы, а через него изменение содержания цемента в рудах, что можно использовать для разделения сплошных и вкрапленных руд. Поток рассеянного гамма-излучения (жесткой компоненты спектра), зависит от плотности (объемного веса) пород

и руд хромитового месторождения. Он максимален у сплошных руд и минимален у вкрапленных. Мягкая компонента спектра рассеянного гамма-излучения зависит от типа руды и содержания окиси хрома.

Задание № 3. Сформулируйте петрофизическую модель объекта исследований. Опишите его основные петрофизические характеристики.

Задание № 4. Определите модель геофизических полей над объектом исследований на основе решения прямой задачи и обобщения имеющегося методического опыта. Опишите характеристики ожидаемых полей с учетом уровня эрозийного среза объекта.

Задание № 5. Сформулируйте сводную физико-геологическую модель объекта и оцените возможности геофизических методов при решении основных геологических задач. Охарактеризуйте влияние возможных естественных помех.

Задание № 6. Обоснуйте выбор комплекса методов. Определите геологические задачи, решаемые каждым из методов комплекса. Укажите роль и место в комплексе геохимических методов поисков и проверочных геологических работ.

Задание № 7. Выясните основные элементы методики полевых и камеральных работ. Выберите рациональную последовательность проведения работ различных видов.

Задание № 8. Определите ожидаемые геологические результаты и возможные рекомендации для постановки последующих геолого-геофизических работ.

Лабораторная работа № 2. Определение комплекса геофизических методов при поисках и разведке месторождений олова.

Общее задание. Определить и обосновать комплекс геофизических методов на стадиях и подстадиях:

- 1) геологосъемочные работы (крупномасштабного геокартирования) с общими поисками (масштаб 1:50000 - 1:25000);
- 2) крупномасштабные поиски (масштаб 1:50000-1:25000);
- 3) детальные поиски (масштаб 1:10000);
- 4) поисково-оценочные работы (масштаб 1:10000-1:5000);
- 5) предварительная разведка (масштаб 1:5000-1:2000);
- 6) детальная разведка (масштаб 1:2000-1:1000).

Условия залегания:

а) открытые и полукрытые районы, рудные объекты вскрыты эрозийным срезом и перекрыты рыхлым покровом от 1-2 до 10-15м;

б) закрытые районы, рудные объекты перекрыты рыхлым покровом от 15 до 50 м;

в) открытые районы, рудные объекты в слепом залегании на глубинах до 100 м.

Геологические предпосылки. Знотечные месторождения олова гидротермального типа относятся преимущественно к касситерит-кварцевой и касситерит-сульфидной формации. Первые генетически связаны с интрузиями кислых и ультракислых магм и тяготеют к гранитным куполам. Рудные тела имеют жильную форму, жилы нередко группируются. Вкрапленность касситерита встречается также в штоках, зонах грейзенизации и в самих гранитных куполах. Рудные минералы-касситерит, вольфрамит, арсенопирит, молибденит, висмутит. Вмещающие породы грейзенизированы. Характерная перичная зональность оруденения: оловоносные грейзены - в приконтактной зоне, кварцевые жилы - в области экзоконтакта, еще выше прожилки с сульфидами. Руды с неравномерным распределением касситерита.

Месторождения второй группы тяготеют к крупным рудоносным очагам кислых и умеренно кислых магм. Рудные тела располагаются в ореоле прогрета вблизи гранитоидных массивов или несколько удалены от них, имея пространственную связь с малыми интрузиями и дайнами. Високотемпературные рудные образования богаты минералами железа (магнетит, гематит, пирротин, пирит, арсенопирит, халькопирит и др.). Проявлены в виде минерализованных зон, трещин и жил; вторичные изменения пород - турмалинизация, хлоритизация, окварцевание, серицитизация. Сближенные трещины образуют мощные (до 10-15м) зоны рудных брекчий, протяженностью до 2,0-2,5 км. При наличии густой сети прожилков образуются штоки. Низкотемпературные приповерхностные рудные образования значительно удалены от гранитоидных интрузий и тяготеют к зонам крупных разломов. Для них характерны руды свинцово-цинкового ряда (касситерит, галенит, сфалерит, станин, халь-

копирит и др.). Гидротермальные изменения вмещающих кислых эффузивов - пропилитизация, окварцевание, алуинитизация; известняков - окварцевание, баритизация, пиритизация.

Физические предпосылки. Оловососные граниты имеют низкую магнитную восприимчивость ($\chi < 35 \cdot 10^{-5}$), остаточную намагниченность ($Q \leq 0,2$) и пониженную плотность ($2,56 - 2,58 \text{ г/см}^3$). Экзоконтактовые ороговикованные образования вокруг интрузий имеют повышенную намагниченность ($\chi = (200+500) \cdot 10^{-5}$). Самые низкие значения χ наблюдаются в центральной части оловорудного поля, где сосредоточена максимальная минерализация. Вмещающие осадочно-вулканогенные породы также слабонамагнитны [$\chi = (10+50) \cdot 10^{-5}$], но более плотные ($\rho = 2,65+2,78 \text{ г/см}^3$). Биотизированные породы имеют плотность $2,75-2,77 \text{ г/см}^3$. Электрическое сопротивление гранитоидов ($10^4 - 10^5 \text{ Ом}\cdot\text{м}$) значительно выше, чем у вмещающих пород, которое в зависимости от степени их вторичных изменений может быть у порфиритов ($400-3000 \text{ Ом}\cdot\text{м}$), сланцев ($100-3500 \text{ Ом}\cdot\text{м}$), алевритов ($200-1000 \text{ Ом}\cdot\text{м}$), песчанников ($200-3000 \text{ Ом}\cdot\text{м}$). Рудные образования магнитны в случаях присутствия пирротина, их χ изменяется от $(100+250) \cdot 10^{-5}$ до $(5+10) \cdot 10^{-2}$. Остаточная намагниченность принимает индуцированную ($Q = 4+5$). Направленность вектора I_n нередко противоположна современному геомагнитному полю. Присутствие в рудах магнетита поднимает значение χ до $750 \cdot 10^{-2}$. Плотность руд касситерит-кварцевой формации $2,65-2,7 \text{ г/см}^3$, богатых сульфидных руд $3,56-3,8 \text{ г/см}^3$.

Электропроводность руд зависит от соотношения содержания основных рудных и жильных (кварцит, кварц, хлорит, турмалин и др.) минералов; при незначительном количестве сульфидов и магнетита удельное электрическое сопротивление равно $10^3-10^5 \text{ Ом}\cdot\text{м}$, при большом содержании сульфидов от $0,1$ до $100 \text{ Ом}\cdot\text{м}$. Поляризуемость руд обычно не превышает 6% , у богатых сульфидных руд - $18-20\%$. Наблюдается закономерное изменение радиосактивности образований: калий накапливается в верхней части рудного поля, а торий и уран - в центральной и прикормовой.

Задание №1. Укажите цель работ. Выберите стадии и подстадию работ. Определите целевой объект и основные геологические задачи, стоящие перед геофизическими работами.

Задание №2. Сформируйте и опишите геологическую модель рудного объекта (рудного поля, месторождения, залежи), относясь к а) касситерит-кварцевой и б) касситерит-сульфидной формации.

Задание №3. Сформируйте и опишите петрофизическую модель и модель геофизических полей рудного объекта.

Задание №4. Разработайте и опишите физико-геологическую модель рудного объекта. Укажите какого рода помехи (геологические, геоморфологические и физические) ожидаются при проведении работ.

Задание №5. Оцените возможности геофизических методов на основе физико-геологической модели рудного объекта. Обоснуйте комплекс методов, рекомендуемых для изучения объекта.

Задание №6. Укажите задачи, решаемые каждым из методов предлагаемого комплекса, основные элементы методики и техники работ, последовательность применения методов, ожидаемые результаты.

Лабораторная работа №3. Определение комплекса геофизических методов при поисках и разведке месторождений ртути.

Общая задача. Разработать комплексы геофизических методов и сопровождающих их геологических и геохимических видов работ при:

- 1) региональном геологическом изучении (масштаб работ $1:200000$);
- 2) крупномасштабных поисках и геокартингировании (масштаб $1:50000-1:25000$);
- 3) детальных поисках (масштаб $1:10000-1:5000$);
- 4) поисково-оценочных работах (масштаб $1:5000-1:2000$);
- 5) разведочных работах (масштаб $1:2000-1:1000$).

Условия залегания:

- а) открытые горные районы, резкопересеченный рельеф, рудные объекты выходят на эрозионный срез, перекрыты осипями;
- б) полузакрытые районы, всхолмленный рельеф, рудные объекты перекрыты рыхлым покровом от $1-2$ до $10-15 \text{ м}$.
- в) открытые и полузакрытые районы, горный рельеф, рудные объекты в слепом залегании на глубинах $10-100 \text{ м}$.

Геологические предпосылки. Месторождения ртути гидротермального генезиса. Представлены пластовыми и пластообразными залежами в зоне контакта разнородных по составу пород (известняков и сланцев и др.) и сложными по морфологии залежами в зонах лиственитизации ультраосновных и основных пород, проявленных вдоль глубинных разломов. Руды, как правило, прожилково-вкрапленные с очень неравномерным распределением минерализации в рудной зоне.

Месторождения располагаются в пределах пояса, положение которого определяет зона долгоживущего глубинного взбросо-надвига. В пределах пояса оруденение локализуется в рудоносных зонах, которые тяготеют к структурам типа прогибов и антиклинорий. Размещается оно преимущественно среди осадочных пород и приурочено к определенным стратиграфическим и литологическим комплексам пород — к верхам известняково-доломитовых толщ карбона, вблизи контакта известняков со сланцами. Последние сыграли здесь роль экрана, определившего распространение промышленного оруденения в зоне шириной 30–40 м у контакта. Рудоотложение сопровождается образованием джаспероидных брекчий в верхней части разреза известняков и роговиково-кварцевых брекчий в нижней части сланцев, что может служить одним из признаков рудоносности.

Тектонический контроль оруденения выражается в его приуроченности к крупным разломам. Особенно существенна роль в локализации оруденения надвиговой тектоники. Благодаря надвигам терригенные отложения с экранными свойствами надвинуты на карбонатные образования, являющиеся благоприятной средой для рудоотложения. Рудоподводящими каналами являются участки омоложения взбросо-надвига пермскими разломами, контролирующими расположение рудных узлов и полей. Распределительными каналами послужили косые или диагональные нарушения, а благоприятными для рудоотложения оказались пересечения диагональных нарушений с широтными разломами, осложняющими складчатые структуры. Структурный контроль оруденения выражается в приуроченности большинства месторождений к шарнирам, реже к крыльям антиклинальных складок, развивающихся на крыльях крупных региональных

структур и осложненных разломами. Надвинутые породы вследствие их большей пластичности подвергнуты более интенсивному складкообразованию.

Важным поисковым признаком является наличие на месторождениях ртути обширных ореолов окolorудных гидротермальных изменений рудоомещающих пород. Привнос кремнезема приводит к образованию джаспероидов и зон окварцевания в карбонатной толще и роговиков в надрудных сланцах. Максимальное (до 200 м по мощности) обогащение кремнеземом надрудных сланцев наблюдается в сводных частях антиклиналей. Ореол пиритизации распространяется вверх от продуктивного контакта известняков и сланцев на расстояние 100–150 м и образует выдержанные пластообразные залежи, повторяющие форму складчатых структур. Графитизация наблюдается во всех рудоомещающих породах, но максимальное обогащение углестым веществом наблюдается в роговиково-кварцевых брекчиях надрудных сланцев. Мощность зон графитизации достигает многих десятков метров, протяженность — несколько километров. В зонах лиственитизации отмечена пространственная связь лиственитов с серпентинитами.

Для месторождений характерна геохимическая зональность элементов-индикаторов и элементов-спутников. В дальней зоне рассеяния представлены ртуть, сурьма и мышьяк, в средней — свинец и цинк и в ближней — серебро, селен и таллий. В местах, осложненных тектоникой, элементы-спутники, могут удаляться по разломам вверх от рудоконтролирующего контакта на расстояние до 600 м и более, а по надвигам до 1000 м, при мощности ореола до 100 м. На участках слабого проявления тектоники элементы-спутники удаляются в перекрывающие породы не более, чем на 200–250 м. Основными рудными минералами являются киноварь и антимонит.

Геофизические предпосылки. Киноварь и антимонит являются диэлектриками, обладают пониженной поляризуемостью и повышенным пьезомодулем, высокими значениями плотности (киноварь — 8,09–8,2 г/см³, антимонита 4,5 г/см³) и практически немагнитны. Однако в связи с рассеянным характером минерализации заметных изменений физических свойств рудоомещающих пород указанные минералы не вызывают. Поэтому определяющее значение при формировании

комплекса имеют физические свойства самих рудомещающих пород.

По удельному электрическому сопротивлению хорошо разделяются известняки продуктивной толщи и сланцы надрудной толщи, у первых его значения достигают 3200 Ом·м, у вторых оно на порядок ниже - 250 Ом·м. Увеличение содержания кремнезема в сланцах вызывает повышение электросопротивления. Значительное изменение его значений отмечается также в зонах нарушений, графитизации и пиритизации. Поляризуемость рудомещающих брекчий зависит от содержания полезных компонент. На богатых сурьмяно-ртутных месторождениях она колеблется от 12 до 20%, на средних - от 8 до 12%, на бедных и непромышленных - от 4 до 8%. Поляризуемость пиритизированных пород, как правило, заметно выше: 16-30%. Нередко можно наблюдать относительно четкую корреляционную зависимость между поляризуемостью руд и содержанием ртути, сурьмы и мышьяка. Поляризуемость гидротермально измененных пород на месторождениях, связанных с зонами лиственитизации, изменяется в пределах от 6 до 20%.

Средние значения плотности у карбонатных образований ($2,69 \text{ г/см}^3$) ниже, чем у терригенных пород ($2,72 \text{ г/см}^3$). На отдельных месторождениях различие плотности пород достигает $0,3-1,0 \text{ г/см}^3$. По магнитным свойствам породы дифференцированы весьма слабо; магнитными являются джаспероиды, магнитная восприимчивость которых составляет $(100-300) \cdot 10^{-5}$. Доломиты и известняки практически немагнитны. По радиоактивности породы дифференцированы незначительно. Наименьшие ее значения (менее 10 мкР/ч) у известняков и рудомещающей брекчий, более высокие у глинистых ($10-20 \text{ мкР/ч}$) и углистых ($30-50 \text{ мкР/ч}$) сланцев. На одном из месторождений над рудной зоной наблюдаются повышенные содержания урана (до $(7-10) \cdot 10^{-4}\%$ при фоновых содержаниях $(2-3) \cdot 10^{-4}\%$) и пониженные содержания калия (от 2-4 до 1%).

Оруденелым джаспероидам (флюоритизированным) отвечает контрастная аномалия фтора до 16-20%, а вмещающим их породам повышенные содержания - до 1-1,5% при фоновых содержаниях в непродуктивных образованиях (известняки, сланцы), не превышающих 0,1-1,15%. На площади, перекрытой элювиально-делювиальными отложениями (до нескольких метров) интенсивность аномалий снижа-

ется; оруденелым джаспероидам отвечают аномалии фтора до 8-12%, а продуктивным известнякам - до 1,5%. Скорости распространения колебаний в карбонатных толщах ($6000-7000 \text{ м/с}$) значительно больше, чем в перекрывающих их песчано-сланцевых отложениях ($4000-5000 \text{ м/с}$).

Задание №1. Определите цель работ. Укажите целевой объект, подлежащий изучению. Сформируйте геологические задачи, стоящие перед геофизическими работами на выбранной стадии.

Задание №2. Сформируйте геологическую модель рудного объекта, укажите особенности модели в тектонических структурах и в зонах лиственитизации, поисковые критерии и признаки.

Задание №3. Разработайте и опишите петрофизическую модель и модель геофизических полей рудного объекта, определите его геофизические признаки.

Задание №4. Составьте физико-геологическую модель рудного объекта, отразите на ФГМ его условия залегания, опишите возможные геологические и геоморфологические помехи.

Задание №5. Оцените с использованием ФГМ возможности геофизических методов, сформируйте комплекс методов, выделите основные, вспомогательные и детализационные методы, укажите их задачи.

Задание №6. Определите элементы методики геофизических работ, укажите ее особенности при размещении объекта в тектонических структурах и в зонах лиственитизации, последовательность применения методов, ожидаемые результаты.

Лабораторная работа №4. Определение комплекса геофизических методов при поисках и разведке медно-скарновых месторождений.

Общее задание. Определить и обосновать комплексы геофизических методов на стадиях и подстадиях:

- 1) геологосъемочные работы (крупномасштабные геоскартирование) и общие поиски (масштаб 1:50000-1:25000);
- 2) крупномасштабные поиски (масштаб 1:50000-1:25000);
- 3) детальные поиски (масштаб 1:10000);
- 4) поисково-оценочные работы (масштаб 1:10000-1:5000);
- 5) предварительная разведка (масштаб 1:5000-1:2000);
- 6) детальная разведка (масштаб 1:2000-1:1000).

Условия залегания:

а) открытые районы, рудные объекты вскрыты эрозионным срезом или перекрыты рыхлым покровом от 1-2 до 10-15 м;

б) полузакрытые и закрытые районы, рудные объекты перекрыты рыхлым покровом от 15-20 до 50 м;

в) открытые районы, рудные объекты в слепом залегании на глубинах до 100 м;

г) открытые и закрытые районы, рудные объекты в слепом залегании на глубинах свыше 100 м (до 500 м и более).

Геологические предпосылки. Медно-магнетитовые месторождения скарноного типа расположены в пределах карбоновой муьды. Муьда сложена преимущественно осадочными отложениями (песчаниками, известняками), в меньшей мере распространены эффузивы и их туфы. Центральная часть муьды прорвана крупными интрузивными массивами, представленными кварцевыми диоритами, гранодиоритами и гранитами и огромным количеством даек. Стрoение муьды осложнено антиклинальными седлообразными перегибами и тектоническими нарушениями.

Оруденение тяготеет к скарновым полям, образовавшимся вследствие активного воздействия интрузий на вмещающие породы. Скарновые тела - пластообразные, реже в виде линз и длинных лент в контакте интрузивных пород с известняками. Из вторичных изменений проявлены также графитизация и пиритизация рудовмещающих пород. Наиболее интенсивная минерализация отмечена на участках антиклинальных перегибов, где породы несут интенсивную трещиноватость и сильно раздроблены. Оруденение приурочено к трещинам и зонам дробления в них. Рудовмещающие породы - известняки и роговики. Рудные залежи имеют неправильную форму, определяемую сложной системой тектонических трещин. Образуются также жиллообразные, линзообразные и штокверковые зоны.

Основными рудными минералами являются халькопирит, пирротин, пирит и магнетит. Вскрытым эрозионным срезом или близ-поверхностного залегания месторождениям и рудным залежам отвечают отчетливые ореолы рассеяния меди с содержанием металла в делянши 0,03-0,10%. Медь в богатых ореолах сопровождается-

ся молибденом, вольфрамом, кобальтом, висмутом и другими элементами. Большинство ореолов рассеяния приурочено к экзоконтакту интрузий гранодиоритов и, как правило, соответствует медной минерализации в коренных породах. В разрезе присутствуют титано-магнетитовые песчаники. Мощность рыхлого покрова в районе изменяется от 0 до 50 м.

Задание № 1. Оформите и опишите геологическую модель рудного объекта (рудного района, рудного поля, рудного месторождения, рудной залежи), подлежащего изучению на выбранной стадии.

Задание № 2. Определите цель геофизических работ, их основные геологические задачи при изучении объекта.

Физические предпосылки. Плотностные характеристики: интрузивные образования (гранитоиды) - 2,5 - 2,6 г/см³; вмещающие их вулканогенно-осадочные образования - 2,6 - 2,7 г/см³; скарны - 2,85 - 3,12 г/см³, массивные медно-магнетитовые руды - 3,9 - 4,6 г/см³, прожилково-вкрапленные руды - 3,5 - 3,8 г/см³. Плотность образований рыхлого покрова 2,1 - 2,2 г/см³.

Магнитная восприимчивость гранитоидов изменяется в пределах (50-1000) · 10⁻⁵; гранитов - (50-150) · 10⁻⁵; кварцевых диоритов - (200-300) · 10⁻⁵; гранодиоритов - (500-1000) · 10⁻⁵. Песчаники, известняки, роговики и образования рыхлого покрова имеют χ в пределах (0-50) · 10⁻⁵, скарновые образования - (100 - n · 1000) · 10⁻⁵. Наиболее магнитными, благодаря присутствию магнетита, являются руды, χ которых в зависимости от содержания последнего изменяются в пределах (100 - n · 1000) · 10⁻⁵.

Массивные руды, содержащие в большом количестве пирит и пирротин имеют удельное электрическое сопротивление в пределах 0,01 - 1,0 Ом·м, прожилково-вкрапленные - 10-20 Ом·м. У гранитоидов этот параметр имеет значения n · 1000 - n · 10000 Ом·м, у песчаников и эффузивов - n · 100 - 1000 Ом·м, у роговики и известняков - 1000 - n · 1000 Ом·м, у рыхлых образований покрова - 10-20 Ом·м.

Поляризуемость руд η = 15 ± 25%, вмещающих пород - 4 ± 5%. Скорость распространения упругих волн в гранитоидах 4800 - 5200 м/с, в вулканогенно-осадочных породах 5500-6200 м/с. Отражения отмечены в разрезе осадочных образований, на пологих контактах интрузий с вмещающими образованиями, в зоне тектонических нарушений (при их наклоне не более 30-40°).

Задание № 3. Сформируйте и опишите петрофизическую модель рудного объекта, выбранного для изучения.

Задание № 4. Сформируйте и опишите модель геофизических полей (рассчитанных или наблюдаемых), характерных для объекта изучения при заданных условиях его залегания.

Задание № 5. Разработайте обобщенную физико-геологическую модель объекта. Опишите какие помехи (геологические, физические, геоморфологические, промышленные) ожидаются при изучении рудного объекта.

Задание № 6. Выполните оценку возможностей геофизических методов на выбранной стадии изучения, определите и обоснуйте состав комплекса геофизических методов и сопровождающих их геологических и геохимических видов работ, подразделите методы на основные, вспомогательные и детализационные.

Задание № 7. Укажите задачи, решаемые каждым из методов, основные элементы методики их применения; определите последовательность выполнения работ; дайте прогноз ожидаемых результатов работ.

Лабораторная работа № 5. Определение комплекса геофизических методов при поисках и разведке месторождений никеля силикатного типа (кор выветривания).

Общее задание. Определить и обосновать комплекс геофизических методов на следующих стадиях:

- 1) геологосъемочные работы (крупномасштабное геокартирование) с общими поисками (масштаб 1:50000);
- 2) поисковые работы (масштаб 1:25000);
- 3) поисково-оценочные работы (масштаб 1:10000 - 1:5000).

Условия залегания:

полузакрытые районы, рудные объекты перекрыты рыхлым покровом мощностью от 1-2 м до 10-15 м;

закрытые районы, рудные объекты перекрыты рыхлым покровом от 15 до 50 м.

Геологические предпосылки. Месторождения приурочены к коре выветривания пород ультраосновного состава. Состав кор нитронитовый. Благоприятными для сохранения продуктивной коры выветривания являются депрессионные зоны в кровле складчатого

го фундамента, повышенная мощность кор выветривания и перекрывающих ее отложений. Форма залежей: плацеобразная или площадного типа с большими запасами сравнительно бедных руд; линейно-вытянутая или трещиноватая с богатыми рудами; контактово-карстовая с линзами и гнездами богатых руд в контакте известняков и серпентинитов. Руды представлены охрами, гидрохлоритовыми оторочками даек в зонах трещиноватости, придайкивыми нитронито-магнетито-марганцевыми породами. Средние содержания: в охрах никеля - 0,7-0,8%; кобальта - 0,1%; в нитронитах никели около 1%; кобальта - сотые доли процента.

Физические предпосылки. Магнитная восприимчивость ультраосновных пород, по которым образовались коры выветривания составляет $(6300-19000) \cdot 10^{-5}$, вмещающих их пород (метаморфических и осадочных) - $0-25 \cdot 10^{-5}$. Охры, содержащие магнитный минерал - магнетит, обладают высокой магнитностью (до $17500 \cdot 10^{-5}$).

Плотность ультраосновных пород изменяется от 2,8 до 3,2 г/см³, избыточная их плотность по отношению к вмещающим образованиям 0,2-0,6 г/см³; силикатные никелевые руды по сравнению с материнскими и вмещающими породами обладают недостатком плотности от -0,3 до -0,6 г/см³.

Удельное электрическое сопротивление никеленосной коры выветривания имеет низкие значения - единицы, десятки и реже сотни ом-метров, в отличие от материнских и вмещающих пород, обладающих более высоким сопротивлением. Так, значения сопротивления нитронитов от 2 до 150 Ом·м, у охры и охристых образований 10-100 Ом·м, у выщелоченных серпентинитов 14-40 Ом·м, у серпентинитов - 100-300 Ом·м, у невыветривших ультраосновных пород 180-1000 Ом·м. В пределах кор выветривания могут быть встречены блоки с аномально высокими значениями поляризуемости.

Повышенная гамма-активность отвечает низким значениям; никелевым компонентам руд отвечают также аномально высокие значения γ -излучения захвата тепловых нейтронов.

Геофизические поля:

магнитное поле - интенсивные аномалии от 300 до 3500 нТл над интрузиями ультраосновного и основного состава (300-500 нТл над габбро и до 3500 нТл над перидотитами и пироксенитами); над рудными телами, сложенными железистыми охрами (с богатыми содержаниями никеля, кобальта и железа) магнитные аномалии до 600 нТл и более; вмещающие породы метаморфического комплекса (сланцы, гнейсы, кварциты) фиксируются пониженными (до отрицательных значений) полями; осадочно-вулканогенные толщи с развитием эффузивов основного состава - мозаичным полем с знакопеременными аномалиями;

гравитационное поле - локальные положительные аномалии (4-6 мГл и более) над телами гипербазитов и габброидов; пониженные значения поля над вмещающими породами метаморфического комплекса и повышенные поля над осадочно-вулканогенными толщами с основными эффузивами; локальные минимумы гравитационного поля (до 2 мГл) над впадинами в серпентинитах с силикатными никелевыми рудами;

электрическое поле - пониженные значения сопротивления над участками с повышенной мощностью рыхлых отложений, включающих образования кор выветривания, линейные аномалии проводимости над зонами проявления кор выветривания трещинного типа; высокие значения сопротивления над плотными серпентинитами и вмещающими осадочно-эффузивными образованиями; аномалии ВП (ρ_k до 15% на фоне 2,0-2,5%) над продуктивными корами, богатыми содержаниями никеля, кобальта и железа; проявление определенной связи между продуктивностью коры выветривания и поляризуемостью ее образований;

поле радиоактивности - повышенная гамма-активность над участками с промышленным содержанием нитронита, пониженная гамма-активность над материнскими породами ультраосновного состава и вмещающими толщами с широким развитием эффузивов основного состава.

Геофизические поля тесно ассоциируют с вторичными ореолами рассеяния никеля и кобальта в делювии; содержание никеля достигает 0,3-0,6 % и более.

Задание № 1. Укажите цель работы. Определите целевой объект для выбранной стадии. Перечислите основные геологические задачи.

Задание № 2. Сформируйте и опишите геологическую и петрофизическую модели рудного объекта (месторождения, залежи).

Задание № 3. Представьте физико-геологическую модель объекта с геофизическими полями.

Задание № 4. Произведите выбор комплекса, обоснуйте его, выделите основные, вспомогательные и детализационные методы.

Задание № 5. Укажите задачи, решаемые каждым из методов; определите элементы методики и техники работы, последовательность применения методов, опишите ожидаемые результаты.

Лабораторная работа № 6. Определение комплексов геофизических методов при поисках и разведке редкометалльных кварцево-жильных месторождений.

Общее задание. Разработать комплексы геофизических методов и сопровождающих их геологических и геофизических видов работ при:

- 1) геологосъемочных работах и общих поисках (масштаб 1:50000);
- 2) крупномасштабных поисках (масштаб 1:50000-1:25000);
- 3) детальных поисках (масштаб 1:10000 - 1:5000);
- 4) поисково-оценочных работах (масштаб 1:5000-1:2000);
- 5) разведочных работах (масштаб 1:2000 - 1:1000).

Условия залегания:

- а) открытые и полузакрытые районы, рудные объекты выходят на эрозионный срез, обнажены или перекрыты рыхлым покровом 1-10 м;
- б) открытые районы, рудные объекты в слепом залегании на глубинах от 10 до 100 м;
- в) закрытые районы, рудные объекты перекрыты рыхлым покровом - 15-50 м.

Геологические предпосылки. Месторождения представлены кварц-вольфрамитовыми, кварц-молибденитовыми, кварц-швелитовыми жилами, прослеживаемыми по простиранию на сотни метров и километры, по падению — на первые сотни метров, при мощности до 0,5–1,0 м. Жилы размещены в грейзенизированных породах и контролируются нарушениями и разломами. Они совмещены с штоковыми в интрузивных зонах или залегают среди гранитных массивов, тяготея к зонам дальних экзоконтактов интрузий. Вмещающая среда — осадочно-эффузивные породы. Жилы и прожилки сложены кварцем, топазом, флюоритом, слюдой и содержат вольфрам, габнерит, молибденит, швелит, висмутит, арсенопирит, пирротин и др. Руды крупнокристаллические. Содержание вольфрама в кварц-вольфрамитовых жилах до 1–3%, молибдена в кварц-молибденитовых жилах до 0,5–1,0%.

Физические предпосылки. Физические свойства жильных образований зависят от присутствия сульфидов, магнетита и пирротина. Они тяготеют к слабомагнитным разновидностям гранитоидов. Рудовмещающие породы имеют слабо повышенную намагниченность (χ до $60 \cdot 10^{-5}$); сами же рудные образования магнитны при наличии магнитных минералов (χ до $500 \cdot 10^{-5}$) и весьма слабомагнитны при их отсутствии ($\chi < 15 \cdot 10^{-5}$). Плотность: гранитоидов 2,55–2,60 г/см³, рудовмещающих пород неизмененных 2,6–2,7 г/см³, измененных 2,5–2,65 г/см³, рудных образований 2,67–2,69 г/см³. Безсульфидные кварцевые жилы и грейзены с вольфрамитом и касситеритом и кварц-габнеритовые жилы обладают более значительным удельным электрическим сопротивлением (300–500 Ом·м), чем вмещающие породы (200–300 Ом·м), и повышенным пьезоэлектрическим эффектом. Поляризуемость прожилково-крапчатых медно-молибденовых руд 10–24%, в то время как у вмещающих пород она не превышает 6%. Высокая проводимость и поляризуемость наблюдается при наличии в жилах сульфидов. Повышенный фон радиоактивности наблюдается над интрузиями гранитов.

Геофизические поля. Магнитное поле месторождений характеризуется аномальным проявлением интрузий гранитоидов, пониженной интенсивностью над измененными породами околорудного

пространства, локальными линейными аномалиями интенсивностью до 800 нТл над магнитными жильными образованиями и отрицательными аномалиями над другими жилами. Гравитационное поле месторождений определяется наличием минимума над интрузиями, усиленного влиянием измененных пород. В поле вторых производных гравитационного потенциала локальными минимумами отличаются кварцевые жилы, тектонические нарушения. В электрических полях месторождения проявлены неоднозначно. Им отвечают аномалии повышенного сопротивления, в случае слабой нарушенности и минерализованности, или повышенной проводимости и поляризуемости, в случае интенсивной нарушенности и сульфидизации. Аномалии проводимости наблюдаются также над сульфидизированными грейзенами, а аномалии вызванной поляризации над зонами пиритизации. При благоприятной физико-химической обстановке наблюдаются отрицательные аномалии естественного электрического поля.

Задание № 1. Укажите назначение работ, целевой объект для выбранной стадии, основные геологические задачи, стоящие перед геофизическими работами.

Задание № 2. Сформулируйте и опишите геологическую модель рудного объекта, укажите поисковые критерии и рудоконтролирующие факторы, используемые на выбранной стадии.

Задание № 3. Составьте и опишите петрофизическую модель и модель геофизических полей объекта (детерминированную или вероятностно-статистическую).

Задание № 4. Сформируйте физико-геологическую модель объекта, охарактеризуйте возможные естественные и искусственные помехи.

Задание № 5. Выполните оценку возможностей геофизических методов при изучении рудного объекта и осуществите выбор комплекса, укажите и обоснуйте альтернативные варианты комплексов.

Задание № 6. Определите задачи каждого из методов, элементы методики, последовательность их применения, ожидаемые результаты.

§ 4. Лабораторные работы по неметаллическим полезным ископаемым

Лабораторная работа № 7. Определение комплексов геофизических методов при поисках и разведке месторождений корунда.

Общее задание. Разработайте комплексы геофизических методов при:

- 1) крупномасштабных поисках (масштаб 1:50000 - 1:25000);
- 2) детальных поисках (масштаб 1:10000 - 1:5000);
- 3) разведочных работах (масштаб 1:5000 - 1:2000).

Условия задания:

- а) открытые районы, рудные объекты выходят на эрозионный срез, рыхлый покров от 0,5 до 5,0 м;
- б) полузакрытые районы, рудные объекты в слепом залегании на глубинах до 100 м, рыхлый покров от 5 до 10-15 м.

Геологические предпосылки. Месторождение корунда относится к типу гидротермального во вторичных кварцитах. К промышленным рудам относятся горные породы с содержанием корунда не менее 10-15%; максимальные содержания 40-50%. Естественная смесь корунда с магнетитом, пиритом и другими минералами называется наждаком. Корунд имеет твердость 9, удельный вес 3,95-4,40.

Месторождение расположено в пределах массива вторичных кварцитов, который складает крыло антиклиналя с падением пород на юго-восток под углами 15-30°. Окаймляется массив интрузивными породами, представленными нормальными гранитами. Вторичные кварциты образовались по эффузивным, интрузивным и осадочным породам. Наиболее широко представлены монакварциты, серицитовые и серицит-кварцевые кварциты; реже встречаются алуниновые, серицит-андалузитовые и андалузитовые кварциты с пиритом, гематитом и корундом. Корундовые залежи крутопадающие, как правило, тяготеют к зонам разломов и представлены штоками, линзами и гнездами; их размеры в поперечнике от нескольких метров до 50-60 м. Руды по составу разделяются на корундово-андалузитовые и корунд-гематит-андалузитовые и независимо от состава сопровождаются вкрапленностью пирита. В пределах продуктивных кварцитов установлены повышенные содержания в делях свинца, бария, молибдена и других элементов.

Физические предпосылки. Безрудные вторичные кварциты месторождения характеризуются плотностью в среднем 2,67 г/см³. Серицит-кварцевые кварциты с андалузитом, являющиеся рудовмещающими, имеют избыточную плотность порядка 0,2 г/см³, а корунд-андалузитовые породы - от 1,0 до 1,5 г/см³. Эффективная избыточная плотность рудных тел, включая оторочку андалузитовых пород (мощностью от 1-2 до 10 м и более), равна в среднем 0,6-0,8 г/см³. Наиболее плотными образованиями являются корундовые породы с включениями гематита и лимонита (3,8-4,0 г/см³) и корундово-гематитовые породы (4,0-4,2 г/см³). Гравитационный эффект, рассчитанный для минимально промышленной залежи, имеющей размеры вместе с андалузитовой оторочкой 60х60х60 м, составляет 0,4мГл при ширине аномальной зоны 110 м. Наблюдаемые аномалии Δg над реальными рудными залежами достигают 0,6-0,7 мГл, а аномалии W_{xz} над залежами - $(30-60) \cdot 10^{-9} \text{ с}^{-2}$.

Магнитная восприимчивость χ вторичных кварцитов и руд не превышает $5 \cdot 10^{-5}$; слабомagnetными являются только граниты, χ которых в среднем составляет $35 \cdot 10^{-5}$. Вследствие этого магнитные поля над кварцитами имеют спокойный характер, а над гранитами - несколько повышенный. Руды и вмещающие их породы практически не радиоактивны и слабо дифференцированы по электрическому сопротивлению. Можно ожидать повышенную поляризуемость руд за счет присутствия пирита. Залежи наждака имеют избыточную плотность (до 1,13 г/см³) и повышенную магнитную восприимчивость, благодаря чему они отмечаются локальными максимумами силы тяжести и вертикальной составляющей магнитного поля. У кварцитов повышенные значения пьезомодуля.

Задание № 1. Укажите целевой объект, подлежащий изучению на выбранной стадии, геологические задачи, стоящие перед геофизическими работами.

Задание № 2. Составьте и опишите геологическую модель рудного объекта с учетом условий его залегания. Определите поисковые критерии.

Задание № 3. Сформируйте и опишите петрофизическую модель рудного объекта; выберите петрофизические характеристики наиболее благоприятные для применения геофизических методов.

Задание № 4. Составьте модель геофизических полей, определите степень физической контрастности объекта.

Задание № 5. Разработайте физико-геологическую модель рудного объекта. Опишите основные его геологические и геофизические признаки. Укажите возможные геологические и геоморфологические помехи.

Задание № 6. Оцените возможности геофизических методов, определите состав комплекса, укажите геологические задачи каждого вида работ.

Задание № 7. Охарактеризуйте элементы методики, выберите рациональную последовательность применения методов, укажите проверочные работы и ожидаемые результаты.

Лабораторная работа № 8. Определение комплексов геофизических методов при поисках и разведке месторождений талька.

Общее задание. Разработайте комплекс геофизических методов при:

- 1) крупномасштабных поисках (масштаб 1:50000-1:25000);
- 2) поисково-оценочных работах (масштаб 1:10000-1:5000);
- 3) разведочных работах (масштаб 1:5000-1:2000).

Условия задания:

- а) открытые и полужакрытые районы, рудные объекты вскрыты эрозийным срезом, рыхлый покров от 1 до 10-15 м;
- б) открытые и полужакрытые районы, рудные объекты в слепом залегании на глубинах до 50-100 м;
- в) закрытые районы, рудные объекты залегают под рыхлым покровом мощностью 20-50 м.

Геологические предпосылки. Месторождения талька относятся к гидротермальному типу. Образовались по ультраосновным интрузивным и эффузивным породам и серпентинитам и по магнезиальным карбонатным породам. Первые тяготеют к ультраосновным породам, преобразованным в серпентиниты и сланцы. Их последующее замеще-

ние тальком и карбонатами произошло под воздействием вод поступающих из магматического очага по разломам, зонам расщепления, трещиноватости. Рудные залежи имеют форму линзо- и жиллообразных тел с длиной до 80-100 м, при мощности от 2-3 до 10-40 м. У залежей тальковых камней (содержание талька от 30 до 70%) размеры более значительные - длина 3-4 км, мощность до 200-250 м. Месторождения в магнезиальных карбонатных породах образовались на контакте последних с интрузивными телами и дайками кислого состава или с осадочными или метаморфическими силикатными породами (песчаники, алевролиты, филиты и др.). Их образование связано с растворами, циркулирующими вдоль контактов и тектонических нарушений. Рудные залежи имеют форму линз, пласто- и жиллообразных тел со следующими размерами: для талькитов (руды талька) - длина 500 м, мощность 10-15 м, реже до 40-50 м; для тальковых камней - длина до 1000 м, мощность до 200 м. Парагенетическими тальку являются минералы: в месторождениях первого типа - хлорит, биотит, магнетит, гематит, пирит, магнетит, амфиболы и другие; в месторождениях второго типа - кварц, диоксид, актинолит, магнетит, гематит, графит, некоторые сульфиды, хлорит, серпентин.

Физические предпосылки. Талькиты практически немагнитны или очень слабо магнитны [$\chi = (0+10) \cdot 10^{-5}$], в то время как у вмещающих их гипербазитов $\chi = 7 \cdot 10^{-2}$, у серпентинитов до $40 \cdot 10^{-2}$; у серицит-кварцево-хлоритовых сланцев $(12+120) \cdot 10^{-5}$, у доломитов - 0, у алевролитов - $(3+700) \cdot 10^{-5}$ и у гранитоидов - $(60+360) \cdot 10^{-5}$. Удельное электрическое сопротивление талькитов может достигать до 1500 Ом·м; у вмещающих пород оно более высокое (от 10^3 до 10^6 Ом·м) за исключением серпентинитов (350-1000 Ом·м) и алевролитов (20-1000 Ом·м).

Плотность талькитов 2,55-2,69 г/см³. Более плотными являются гипербазиты (3,19-3,40 г/см³), отдельные разновидности сланцев и доломитов. Плотности большинства вмещающих пород мало различны и перекрываются с ее значениями у талькитов. Наиболее низкие значения плотности характерны для серпентинитов и отдельных разновидностей алевролитов (1,70-2,54 г/см³) и доломитов (1,90-2,55 г/см³).

Скорость распространения упругих волн изменяется у талькитов в интервале значений 4,6-5,0 км/с, а у вмещающих пород от 0,9-1,5 до 6,0-7,7 км/с. Наиболее высокие значения скорости у гипербазитов (7,0-7,7 км/с), наименьшие - у отдельных разновидностей сланцев (4,5-5,0 км/с) и алевролитов (1,5-4,0 км/с).

По естественной радиоактивности среди всех образований рудных полей выделяются только гранитоиды, для которых характерен повышенный фон радиоактивности (30-500 мкР/ч, против 7-15 мкР/ч).

Задание № 1. Укажите цель работы, целевой объект (подлежащий изучению на выбранной стадии), геологические задачи (стоящие перед геофизическими работами стадии).

Задание № 2. Составьте геологическую модель рудного объекта: а) в ультраосновных породах и б) в магматических карбонатных породах; определите поисковые критерии.

Задание № 3. Сформируйте петрофизическую модель и модель геофизических полей для алогипербазитовых и алокарбонатных объектов; укажите наиболее контрастные физические характеристики основных структурно-вещественных комплексов.

Задание № 4. Разработайте физико-геологическую модель объекта. Определите и опишите основные геологические, геохимические и геофизические признаки рудного объекта.

Задание № 5. Оцените возможности методов и ограничения в их применении. Сформируйте комплексы геофизических методов для каждого из указанных типов объекта.

Задание № 6. Геологические задачи, решаемые каждым из методов. Элементы методики, последовательность применения методов. Ожидаемые результаты.

Лабораторная работа № 9. Определить комплекс геофизических методов при поисках и разведке месторождений барита.

Общее задание: Разработать комплекс геофизических методов:

1) крупномасштабного картирования и поисковых работ (масштаб 1:50000 - 1:25000);

2) детальных поисков и поисково-оценочных работ (масштаб 1:10000 - 1:5000);

3) разведочных работ (масштаб 1:5000 - 1:1000).

Условия залегания месторождений и залежей:

а) вскрыты эрозиям срезом или перекрыты рыхлым покровом мощностью 1-10 м;

б) не вскрыты эрозиям срезом, в слепом залегании на глубине до 50 м, рыхлый покров незначительный;

в) погребены под рыхлым покровом мощностью 10-20 м.

Геологические предпосылки. Месторождение гидротермально-го генезиса, представлено жильными рудами. Типы баритовых руд - моно-минеральные, кварц-баритовые, флюорит-баритовые, сульфидно-баритовые. Источник бария магматический очаг или боковые породы, из которых он может быть выделен. Генетический барий связан с кислыми магматическими породами. Рудные тела двух типов: а) возникшие при прямой кристаллизации барита из растворов в открытых полостях тектонических трещин (форма тел - правильные плитообразные и линзовидные жилы, длина по простиранию до 1-2 км, мощность от первых метров до десятков метров, глубина распространения - десятки и сотни метров; б) образованные путем метасоматического замещения баритом карбонатных пород (форма тел - неправильная жиллообразная, линзовидная и пластовая, размеры значительные).

Барит концентрируется главным образом в приповерхностных частях рудных тел, с глубиной увеличивается роль кварца, флюорита, сульфидов. Баритовые метасоматические залежи встречаются значительно реже, чем жилы выплощения. Барит встречается в крупно- и мелкозернистых агрегатах, в нем присутствуют в виде посторонних примесей окислы железа и марганца. Месторождениям отвечают ореолы рассеяния элементов-индикаторов, в том числе баритовых ореолов, ореолов фтора.

Физические предпосылки. Минеральные образования барита практически немагнитные, высокоомные и обладают повышенной плотностью. Плотность барита 4,3-4,7 г/см³, тогда как у флюорита - 2,8-3,2 г/см³ и у кварца - 2,4-2,9 г/см³. Вмещающие

терригенные породы имеют плотность 2,5-2,7 г/см³, карбонаты - 2,7-2,8 г/см³. Баритизированные разности кварцитов имеют плотность порядка 3,0-3,5 г/см³, у вмещающих кварцитов она на 0,4-0,8 г/см³ ниже.

Удельное электрическое сопротивление мономинеральных баритовых пород составляет 10^4 - 10^5 Ом·м и более; низкие его значения ($n \cdot 10$ Ом·м) у барит-сульфидных руд. Терригенные образования имеют электрическое сопротивление равное $n \cdot 100$ Ом·м, карбонаты - $n \cdot 1000$ Ом·м, кварциты - $n \cdot 100 + n \cdot 1000$ Ом·м.

Барит-сульфидные руды хорошо поляризуются ($\eta_k = 10+15\%$); аномалии ВП могут достигать - 100 мВ и более. Руды барита преимущественно немагнитные ($\chi = (0+10) \cdot 10^{-5}$), исключение составляют только их разности, включающие примеси железа [$\chi = (100+200) \cdot 10^{-5}$]. Вмещающие породы немагнитные (карбонаты, кварциты) или слабомагнитные (терригенные породы).

Баритовые руды нерadioактивные. Установлен эффект разного понижения уровня интенсивности естественной радиоактивности над баритизированным горизонтом в сравнении с вмещающими породами. Отмечена также повышенная способность поглощения рудами гамма-квантов и их выделение по эффективному атомному номеру ($Z_{эф}$).

Задание № 1. Укажите цель работ, задачи решаемые на выбранной стадии, сформируйте геологическую модель, определите поисковые критерии и признаки.

Задание № 2. Разработайте и опишите петрофизическую модель, модель физического поля и обобщенную физико-геологическую модель объекта, определите геофизические признаки мономинерального и барит-сульфидного оруденения.

Задание № 3. Оцените возможности геофизических методов на разные типы оруденения; обоснуйте комплекс методов, укажите геологические задачи, решаемые каждым из методов.

Задание № 4. Выберите и опишите методику работ, определите последовательность применения геофизических методов, ожидаемые геологические результаты.

§ 5. Лабораторные работы по геоморфологическим объектам

Лабораторная работа № 10. Разработка комплекса геофизических методов для изучения кор выветривания пород складчатого фундамента.

Элементы и параметры, подлежащие изучению: мощность и состав рыхлого покрова, положение в разрезе кор выветривания, площадь ее развития, суммарная и раздельная мощность рыхлых отложений и кор выветривания, их слоистость, условия залегания, состав коренных пород, наличие в разрезе многолетнемерзлых пород.

Задание № 1. Сформируйте геологические задачи, которые могут быть поставлены перед геофизическими работами.

Геологическая характеристика объекта исследований: рыхлый покров неоднороден, сложен глинистыми, песчано-глинистыми и песчаными отложениями; мощность рыхлого покрова - 10 (I-й вариант), 50 (II вариант) и 200 м (III вариант); коры выветривания представлены тремя стаями - щебенкой, щебенисто-глинистыми и глинистыми образованиями; мощность кор выветривания - соответственно 1, 10, 50 м; рыхлый покров и кора выветривания залегают в виде покрова или выполняют погребенные долины и депрессии; в разрезе присутствуют (I вариант) или отсутствуют (II вариант) многолетнемерзлые породы; в разрезе рыхлого покрова присутствуют водоносные и водоупорные горизонты, воды - пресные (I вариант) или минерализованные (II вариант); коры аллювиальных пород - продуктивные на бокситы (II вариант), коры ультраосновных пород - на силикатный никель (III вариант).

Задание № 2. Сформируйте геологическую модель раздельно для каждого заданного варианта.

Петрофизическая характеристика объекта исследований: Удельное электрическое сопротивление рыхлого покрова глинистого состава составляет 2-3 Ом·м, песчаного - 50-200 Ом·м, галечников 500-2000 Ом·м; песчаных образований с пресными водами - 100-300 Ом·м; с минерализованными водами - 5-10 Ом·м;

щебенистой коры - 400-1000 Ом·м, щебенисто-глинистой коры - 30-100 Ом·м, глинистой коры - 10-15 Ом·м; коренных пород - аллювиальных - 200-300 Ом·м, известняков - 2000-3000 Ом·м, ультраосновных - 5000-6000 Ом·м. Плотность образований рыхлого покрова 1,5-2,0 г/см³, коры выветривания - 1,7-2,3 г/см³, коренных пород - 2,5-2,7 г/см³ (аллювиальных и известняков) и 2,9-3,0 г/см³ (ультраосновного состава). Магнитная восприимчивость образований рыхлого покрова - глинистых $(3-5) \cdot 10^{-5}$, песчано-глинистых и песчаных - $(10-20) \cdot 10^{-5}$; кор выветривания аллювиальных пород - $(20-25) \cdot 10^{-5}$, известняков - 0, пород ультраосновного состава - $(500-1000) \cdot 10^{-5}$; коренных пород аллювиального состава - $(30-50) \cdot 10^{-5}$, известняков - 0, ультраосновного состава $(700-1500) \cdot 10^{-5}$. Скорость распространения упругих волн в плотных глинах 2,5-3,0 км/с, в песчано-глинистых отложениях - 2,0-2,7 км/с, в песках - 1,4-2,1 км/с.

Задание № 3. Разработайте петрофизическую модель объекта.

Задание № 4. Опишите характер ожидаемых геофизических полей.

Задание № 5. Обоснуйте состав комплекса геофизических методов для изучения кор выветривания.

Задание № 6. Укажите геологические задачи, решаемые каждым из методов, основные элементы методики (модификация, способы, масштаб, сеть, установки, точность), последовательность применений.

Задание № 7. Ожидаемые результаты.

Лабораторная работа № II. Разработка комплекса геофизических методов для изучения погребенных долин, выполненных аллювиальными отложениями.

Элементы погребенных долин, подлежащие изучению: мощность и состав рыхлых образований, выполняющих структуры; контуры, размеры, морфология погребенных долин; наличие в разрезе многолетнемерзлых пород, водоупоров и водоносных горизонтов; глубина и условия залегания, состав коренных пород складчатого фундамента.

Задание № 1. Сформулируйте геологические задачи, которые могут быть поставлены перед геофизическими работами.

Геологическая характеристика объекта исследований: рыхлые образования представлены глинистыми, песчано-глинистыми и песчаными образованиями; мощность плащеобразного рыхлого покрова 10 (I вариант), 50 (II вариант) и 100 м (III вариант), в пределах погребенных долин соответственно 15, 60 и 110 м; долины представляют собой вытянутые, ветвящиеся геоморфологические структуры, протяженность которых составляет первые километры, ширина 300-500 м, борта долин осложнены продольными террасами, дно долины и в ее пределах русло осложнено локальными углублениями, по отношению к тектоническим структурам могут быть продольными и поперечными; в разрезе рыхлых отложений присутствуют многолетнемерзлые породы (III вариант), водоносные и водоупорные горизонты (I и II варианты); складчатое основание сложено осадочными - известняками (I вариант), метаморфическими - песчаниками, сланцами (II вариант) и магматическими - гранитоидного состава (III вариант) образованиями. В погребенной долине присутствует металлоносная россыпь (I вариант).

Задание № 2. Составьте геологическую модель погребенной долины раздельно для каждого заданного варианта.

Петрофизическая характеристика объекта исследований.

Удельное электрическое сопротивление: покровных отложений - глинистых 3-5 Ом·м, песчаных - сухих 200-300 Ом·м, с пресными водами 50-100 Ом·м, с минерализованными водами 5-6 Ом·м, галечников - 300-500 Ом·м, многолетнемерзлых 2000-2500 Ом·м; коренных пород - известняков 1000-1500 Ом·м, песчаников и сланцев 300-350 Ом·м, гранитов 3000-4000 Ом·м.

Плотность: покровных отложений - глинистых 1,9-2,0 г/см³, песчаных - 1,5-1,6 г/см³, галечников - 1,7-1,8 г/см³; коренных пород - известняков 2,7 г/см³, песчаников и сланцев 2,5-2,6 г/см³, гранитов 2,4-2,5 г/см³.

Магнитная восприимчивость: покровных отложений - глинистых $(10-15) \cdot 10^{-5}$, песчаных - $(20-30) \cdot 10^{-5}$, галечников $(50-60) \cdot 10^{-5}$; коренных пород - известняков - 0, песчаников - $(100-150) \cdot 10^{-5}$, сланцев - $(50-100) \cdot 10^{-5}$, гранитов - $(300-500) \cdot 10^{-5}$; обра-

зований металлоносных россыпей (125-500) · 10⁻⁵.

Упругие свойства: покровных отложений - глинистых 2,5-3,0 км/с, песчаных 2,0-2,5 км/с, галечников 2,2-2,6 км/с; коренных пород - известняков 5,8-6,0 км/с, песчаников 4,5-4,8 км/с, сланцев 4,8-5,0 км/с.

Радиоактивность металлоносных россыпей - повышенная.

Задание № 3. Сформируйте петрофизическую модель объекта.

Задание № 4. Определите модель геофизических полей объекта.

Задание № 5. Обоснуйте комплекс геофизических методов для выявления и изучения объекта.

Задание № 6. Укажите задачи, решаемые каждым из методов выбранного комплекса.

Задание № 7. Определите основные элементы методики работ и последовательность их выполнения.

§ 6. Лабораторные работы по нефти и газу

Лабораторная работа № 12. Определение комплекса геофизических методов при поисках и изучении нефтеперспективных солянокупольных структур.

Общее задание. Определить и обосновать комплекс геофизических методов:

- 1) при региональном геологическом изучении солянокупольных областей (масштаб 1:1000000 - 1:200000);
- 2) при поисках соляных куполов и их предварительном исследовании (масштаб 1:200000 - 1:100000);
- 3) при изучении солянокупольных структур, определении их морфологии и пространственного положения (масштаб 1:100000 - 1:50000);
- 4) при подготовке структур к глубокому разведочному бурению (масштаб 1:50000 - 1:25000).

Условия залегания структур:

- а) в бортовых частях солянокупольных областей;
- б) в центральных частях солянокупольных областей;
- в) при близповерхностном залегании соляного купола

(*h* до 500 м);

г) при глубоком залегании соляного купола (*h* более 500 м).

Геологические предпосылки. Солянокупольные структуры образовались в результате взаимодействия соли с вмещающими терригенными породами. Соленосные отложения накапливаются в отрицательных структурах геосинклинальных и платформенных областей. В их составе преобладает каменная соль, обладающая повышенной пластичностью. В результате напряжений проявляются пластические деформации и разрывы, что приводит к образованию сложных штокообразных соляных тел, прорывающих или сдвигающих вышележащие образования в куполовидные структуры. Протяженность таких структур может быть от нескольких километров до первых десятков километров, амплитуда - многие сотни метров, углы наклона - десятки градусов.

В районе развития солянокупольных структур выделяют несколько структурных этажей: верхний - слабо дислоцированные отложения; средний - сильно дислоцированные отложения и прорывающие их купола; нижний - подсолонные отложения, перекрывающие кристаллический фундамент.

Солянокупольные структуры имеют сложное строение. Ядро структуры сложено солью, крылья структуры - терригенными образованиями: песчаниками, известняками, доломитами. Залежи приурочены к краевым частям куполов или экранированы многочисленными сбросами. Однако не каждый купол имеет залежи.

Физические предпосылки. Плотность каменной соли, как правило, меньше плотности вмещающих пород: (соль - 2,15-2,20 г/см³, песчаник - 2,1-2,5 г/см³, известняк - 2,4-2,7 г/см³, глина - 2,1-2,4 г/см³). С увеличением глубины залегания перепад плотности возрастает. Соль ввиду своей пластичности с глубиной практически не уплотняется. Соляным куполам отвечают локальные минимумы силы тяжести интенсивностью до 10-20 мгал и более. Форма аномалий близка к изометричной.

Наблюдается значительная дифференциация пород по своим упругим свойствам: каменная соль - 4,5-5,2 км/с, известняк - 3,5-6,0 км/с, глина - 1,7-2,8 км/с, песчаник - 2,5-4,0 км/с. Перепад упругих свойств между солью и вмещающими породами нередко достигает 1,5-2,0 км/с.

Имеется также дифференциация соли и вмещающих пород по электрическим свойствам. Удельное электрическое сопротивление соли 70-100 Ом·м, песчаников - $\rho \cdot 10^{-10} - 10^{-3}$ Ом·м, известняков - $10^{-2} - 10^{-3}$ Ом·м, доломитов $10^{-2} - 10^{-4}$, глин - $1 - 10^{-2}$ Ом·м. Методы структурной электроразведки могут быть применены при изучении спокойных форм рельефа соли, при определении глубины залегания кристаллического фундамента и изучении его рельефа.

По магнитным свойствам образования осадочной толщи практически немагнитны. Рассеянная ферромагнитная минерализация проявляется в отдельных тектонических нарушениях к разломам. Магнитными [$\chi = \rho \cdot 100 - 1000$] · 10^{-5}] могут быть обломки эффузивных пород основного состава, прорванных солью на глубине и вынесенных ею в седловую часть структуры.

Дополнительные условия: рельеф местности - равнинный.

Задание № 1. Укажите цель работ, объект подлежащий изучению, стадию исследований, задачи, стоящие перед геофизическими работами данной стадии.

Задание № 2. Сформулируйте геологическую модель объекта, опишите основные ее геологические характеристики. Определите поисковые критерии и геологические признаки.

Задание № 3. Составьте петрофизическую модель объекта, укажите изменение физических параметров в вертикальном разрезе и по площадям. Опишите модель геофизического поля, выделите опорные геосейсмические и геоэлектрические границы разреза, укажите геофизические признаки объекта.

Задание № 4. Сформируйте и опишите сводную физико-геологическую модель объекта, оцените на ее основе возможности геофизических методов, определите комплекс методов, укажите альтернативные варианты комплекса.

Задание № 5. Определите геологические задачи, решаемые каждым из методов комплекса, обоснуйте основные элементы методики, последовательность применения методов.

Задание № 6. Укажите какие результативные карты будут построены по геофизическим материалам; на основании каких дан-

ных будут выбраны места для заложения глубоких поисково-разведочных скважин.

§ 7. Лабораторная работа по комплексной интерпретации

Лабораторная работа № 13. Комплексная интерпретация геофизических материалов при региональном изучении рудных районов, поисках и разведке рудных месторождений.

Общее задание: - выполнить комплексную интерпретацию геофизических материалов:

- 1) при региональном глубинном геологическом изучении (масштаб 1:1000000-1:500000);
- 2) при средне- (масштаб 1:200000), крупномасштабном (масштаб 1:50000) и детальном (масштаб 1:10000-1:5000) геологическом картировании рудных районов, рудных полей и месторождений;
- 3) при крупномасштабных (1:50000-1:25000) и детальных (масштаб 1:10000-1:5000) поисках рудных месторождений и поисково-оценочных работах (масштаб 1:5000-1:2000);
- 4) при предварительной и детальной разведке и доразведке месторождений металлических и неметаллических руд;
- 5) при гидрогеологических и инженерно-геологических изысканиях.

Основные этапы и операции выполнения работы

1. Определить соответствие материалов, вовлекаемых в интерпретацию, требованиям по их полноте и качеству. Полнота обусловлена охватом данных всех видов работ комплекса; качество исходных материалов оценивается в соответствии с действующими инструкциями.

2. Подобрать соответствующие геологические материалы предстоящих работ и составить прогнозную геологическую модель объекта (двухмерную и объемную) с отражением основных геологических элементов, наиболее характерных для объекта данного класса.

3. Собрать и обобщить сведения о физических свойствах пород и руд с условием обеспечения их должной представительности (достаточный объем определений по каждой разновидности пород, привязка образований к стратиграфическому уровню, определение

связи изменений свойства пород с различными вторичными процессами) и достоверности (качество, современный технический уровень, соответствие техническим требованиям).

4. Сформировать прогнозную физико-геологическую модель объекта, основываясь на сведениях о прогнозной геологической модели и данных о физических свойствах и ожидаемых геофизических полях.

5. Выделить по каждому методу основные типы геофизических полей, выполнить районирование территории по особенностям проявления геофизического поля (аномальные поля, поля "фоновые" типа или близкие к нормальному, но имеющие отличия в макро- или микроструктуре, уровне интенсивности, динамике проявления). Выяснить геологическую природу каждого типа поля и осуществить районирование площади по геолого-геофизическим условиям.

6. Выделить аномалии по каждому методу, в том числе близких к уровню помех, для последующего изучения и количественных расчетов. Установить геологические связи аномалий в пределах каждого элемента районирования; классифицировать их по геологической природе, ранжировать по размерам, интенсивности, морфологии; дифференцировать по вероятности связи с искомыми объектами на перспективные и неперспективные.

7. Выполнить количественную интерпретацию наиболее интересных и перспективных аномалий каждого метода с применением комплекса способов: исходящих из единых представлений о модели поля и источника; независимых и взаимно дополняющих друг друга; использующих как двумерную, так и трехмерную идеализацию источника; реализуемых по одному и одновременно по двум полям; отличающихся по разрешающей способности, трудоемкости и точности расчетов.

8. Выполнить совокупный анализ и синтез методных материалов путем выделения, сравнения и группирования аномальных эффектов разных методов от основных элементов строения объекта. Установить совпадения и несовпадения решений, выделить достоверные элементы модели объекта по данным нескольких методов и предполагаемые элементы по одному из методов.

9. Применить способ аналогий и сравнений для выяснения с некоторой степенью вероятности природы несовпадений и принятие решения о геологической приуроченности односторонних аномальных эффектов.

10. Выполнить оценку корреляционной связи физических полей; выяснить наличие связи между различными физическими свойствами и параметрами геологических образований; уточнить районирование территории по совокупности геофизических полей (по статистическим характеристикам, комплексным параметрам и т.п.).

11. Изучить корреляционные связи между физическими полями и параметрами объектов (размерами, глубиной залегания, морфологией и другими). Использовать индикаторные, мультипликативные и комплексные параметры. Выполнить определение интересующих элементов залегания и параметров объекта.

12. Произвести оценку природы геофизических аномалий: выявить петрофизические границы аномалиеобразующих объектов; изучить корреляционные связи физических свойств и параметров с петрофизическим и минералогическим составом геологических образований; определить с применением статистических методов физические свойства петрофизических комплексов.

13. Произвести метасоматическое моделирование аномальных объектов путем решения прямых задач, рассчитывая аномалии при разных соотношениях физических свойств объекта и его вмещающей среды, при различных размерах, глубинах залегания, морфологии и элементах залегания. Сформировать объемную математическую модель объекта и оценить ее адекватность геологическим границам.

14. Составить физико-геологическую модель объекта: выполнить увязку частных петрофизических моделей и моделей геофизических полей; осуществить формирование разрезов, погоризонтных планов, различных проекций, отображающих объемное геологическое строение.

Примечание: выбор операций комплексной интерпретации осуществляется в зависимости от стадии работ, типа изучаемого объекта, наличия и характера априорной информации.

Ожидаемые результаты и материалы

1. По отдельным физическим полям: планы, карты по составляющим (локальным, региональным) разного порядка физических полей; планы, карты объемных полей, составленных по наблюдениям на различных уровнях и высотах или с использованием трансформаций; карты распределения поля в вертикальной плоскости с предварительной оценкой пространственного положения и морфологии аномалиеобразующих объектов; карты районирования каждого физического поля с выделенными однородными по статическим характеристикам областями.

2. По комплексу физических полей: карты районирования по совокупности физических полей с выделенными областями, характеризующимися однородной их структурой; разрезы, карты, отражающие приближенное распределение аномалиеобразующих объектов по глубине залегания и морфологии их верхних кромок; разрезы, таблицы, вариограммы, описывающие дифференциацию геологических (петрофизических) разностей по физическим свойствам; разрезы, погоризонтальные планы, характеризующие контуры распределения выделенных петрофизических объектов и объемное геологическое строение; физико-геологические модели типизированных рудных районов, полей, месторождений, залежей; таблицы информативных признаков; прогнозные карты и разрезы.

Примечание: при выполнении работы выбираются материалы, которые наиболее полно характеризуют исследуемый объект.

§ 8. Методические указания по выполнению курсового проекта "Разработка рационального комплекса геофизических методов для одной из стадий геологического изучения районов, поисков и разведки месторождений полезных ископаемых"

Во время работы над курсовым проектом студент должен приобрести навыки проектирования геофизических работ при геологическом изучении, поисках и разведке месторождений полезных ископаемых. Выполнение курсового проекта является одной из форм подготовки студентов к дипломному проектированию. Курсовой проект основывается на материалах, собранных во время преддипломной практики.

Цель проектируемых работ. Стадия их выполнения. Основные геологические задачи

Цель определяет направленность работ на геологическое изучение, поиски и разведку конкретного типа и вида полезного ископаемого. Выбирается и обосновывается стадия работ, соответствующая цели и направленности исследований и классу изучаемого объекта.

Стадия регионального изучения включает: а) региональные геолого-геофизические исследования масштаба 1:1000000-1:500000 и б) региональные геологические, геофизические, гидрогеологические и другие работы масштаба 1:200000-1:100000. Основным результатом является определение прогнозных ресурсов по категории Пз.

Стадия геологосъемочные работы масштаба 1:50000-1:25000 с общими поисками полезных ископаемых включает: а) опережающие геофизические работы, являющиеся составной частью планомерного геологического изучения района, и б) сопровождающие геофизические работы, входящие в состав геологической съемки с детализационно-оценочными целями. В результате работ оцениваются прогнозные ресурсы по категории П2.

Стадия поисковых работ может включать крупномасштабные (1:50000-1:25000) и детальные (1:10000-1:5000) поисковые геофизические работы. Конечной целью работ этой стадии является

оценка прогнозных ресурсов по категории Π_2 . В благоприятных условиях (простое геологическое строение, хорошая дифференциация пород и руд по физическим свойствам), слабопересеченный рельеф и другие) поисковые геофизические работы могут включать один этап с детализацией наиболее перспективных участков.

Стадия поисково-оценочных работ включает геофизические работы масштаба $1:5000-1:2000$. В результате работ открываются ресурсы по категории Π_1 , а в благоприятных условиях - запасы по категории C_2 , а также подготавливается технико-экономическое обоснование для постановки разведочных работ.

Геофизические работы при разведке месторождений ведутся на стадиях предварительной разведки, детальной разведки, доразведки и эксплуатационной разведки. Основные их масштабы $1:5000$, $1:2000$, $1:1000$, $1:500$. Выбор масштаба обусловлен требованиями стадии, геологическими и экономическими условиями. Конечной целью предварительной разведки является оценка запасов полезного ископаемого по критериям C_1 и C_2 и составление ТЭД (технико-экономического доклада); целью детальной разведки является подсчет запасов по категориям А, В, C_1 и разработка ТЭО (технико-экономического обоснования); целью доразведки месторождений - переутверждение ТЭО, определение кондиций, уточнение запасов, целью эксплуатационной разведки - подготовка блоков к эксплуатации, определение горнотехнических условий. В обоснование выбранной стадии приводятся цель и направленность исследований, состояние изученности геологического объекта.

Для выбранной стадии работ определяются основные геологические задачи, решение которых должно способствовать достижению цели исследования. В число основных задач региональных работ входят изучение глубинного геологического строения, геотектоническое районирование и региональный прогноз полезных ископаемых. При среднем и крупномасштабном геокартинге геофизические работы предусматривают: изучение структурно-тектонических особенностей строения, проявлений магматизма, литологического состава пород складчатого фундамента под чехлом рыхлых отложений; определение поисковых критериев и поисковых признаков; изучение

металлогении, средние- и крупномасштабный прогноз полезных ископаемых. На стадии поисковых работ геофизические методы используются для поисков проявлений полезных ископаемых и для выделения и изучения рудоносных структур, формаций, зон метаморфизма и других косвенных признаков оруденения. Для стадий разведки месторождений характерна ориентация геофизических работ на выделение залежей полезных ископаемых и изучение их условий залегания, морфологии и строения, на качественную и количественную оценку залежей в естественных условиях, на изучение горнотехнических условий месторождения.

Определение геологических и геофизических предпосылок для применения геофизических методов

В числе геологических предпосылок каждого метода следует указать приуроченность исследуемого объекта к определенным элементам геологического строения (структурным, тектоническим, литологическим, магматическим, метаморфическим и другим), которые находят отражение в физических полях. При поисках и разведке рудных месторождений нужно охарактеризовать генетический тип месторождения, минералогический вид полезного ископаемого, морфологию залежей, геохимическую зональность оруденения, проявление рудного метаморфизма и метасоматоза, окколрудных изменений, размеры и условия залегания рудных залежей, основные рудные минералы, соотношение полезных компонент. Кроме того, должны быть указаны граничные условия применения метода, исходя из мощности наносов, кор выветривания, зон окисления, наличия трапных покровов и других осложняющих условий.

В числе геофизических предпосылок применения метода отмечаются: наличие дифференциации пород и руд, слагающих объект, по физическому параметру, изучаемому данным методом; различие физических параметров пород складчатого фундамента, осадочного чехла и рыхлого покрова; изменение физических свойств пород под влиянием различных вторичных процессов - метаморфизма, метасоматоза, окисления, выветривания и других; контрастность по физическим параметрам руд или рудных образований, наличие опорных, маркирующих и условных горизонтов сейсмических и геоэлектрических

ких разрезов, геоплотностных границ, магнитовозмущающих объектов.

Формирование физико-геологических моделей (ФГМ) геологического объекта

Согласно классификации ФГМ (В.В.Бродовой, 1980), выделяется следующий ряд рудных объектов: провинция, пояс (или область), район (или узел), рудное поле, месторождение и рудное тело. Иерархический ряд нефтегазовых объектов составляют платформы, синеклизы (структуры I порядка), впадины и своды (II порядка), депрессии и вали (III порядка), купола и брахиантиклинали (IV порядка), структуры неантиклинального типа, нефтегазовые залежи. В основу классификаций положены геологические и геофизические характеристики объектов.

В модели объекта каждого класса взаимосвязанные элементы геологического строения должны так сочетаться и отражаться в физических характеристиках среды и геофизических полях, чтобы можно было уверенно выделять и изучать их на определенной стадии геологического процесса. ФГМ должна содержать основные элементы геологического строения, наиболее типичные для объектов данного класса. Эти элементы представляются в виде, обеспечивающим их последующую формализацию.

Физическая характеристика объекта, отражаемая в ФГМ, включает физические свойства рудных образований и вмещающей среды, сведения о магнитовозмущающих и гравитирующих объектах, геоэлектрических и сейсмогеологических условиях, геофизических полях (региональных и локальных), соответствующих сводным разрезам. При создании моделей учитываются наиболее существенные свойства геологического объекта и его отдельных элементов разнотипной физической природы, признаки различного радиуса действия, проявленные в интересующем нас диапазоне глубин. Кроме того в модели отмечаются наиболее типичные помехи — геологические, геоморфологические, промышленные и другие. Модель должна соответствовать современным возможностям разведочной геофизики и способствовать эффективному решению поставленных геологических задач при минимальных затратах средств и времени.

Обоснование комплекса геофизических методов. Выделение основных, вспомогательных и детализационных методов

Комплекс геофизических методов для геологического изучения, поисков и разведки месторождений полезных ископаемых основывается на реальных возможностях каждого из методов и на имеющихся методическом опыте и представлениях о физико-геологической модели объекта. Выбранная стадия, масштаб исследования должны соответствовать классу объекта.

Комплекс методов определяется с учетом эффективного решения основных геологических задач, стоящих перед работами стадии. Ввиду неоднозначности решения геологической задачи для ее решения могут привлекаться два-три метода. Но в этих случаях следует привести соответствующее обоснование. Как правило, эти методы основываются на различных геологических и физических свойствах исследуемого геологического элемента. При выборе комплекса учитываются, с одной стороны, мобильность и экономичность метода, его информативность и помехозащищенность, с другой стороны, — тип месторождения, вид полезного ископаемого, геологические и геоморфологические условия размещения объекта, наличие рыхлого покрова, трапповых образований, глубину и элементы залегания рудного объекта, качество полезного ископаемого, уровень геологоэкономического развития района.

Методы, намеченные в комплексе, подразделяются на основные, вспомогательные и детализационные. Основные методы предназначены для решения основных геологических задач, определяющих эффективность исследования. Вспомогательные методы способствуют решению основных задач (изучение развития рыхлых отложений, трапповых образований, кор выветривания, определение их мощности и состава, исследование распространения вечной мерзлоты и т.п.). Детализационные методы привлекаются для детализации, проверки на глубину и оценки продуктивности (рудности) выявленных структур и формаций, выяснения природы аномалий геофизических полей.

В комплекс, помимо геофизических методов, включают также геологические и геохимические виды работ, сопровождающие геофизические съемки. Назначение этих работ - изучение геологической природы геофизических полей и их аномалий, выявление признаков полезного ископаемого в пределах аномальных зон, перспективная оценка рудной минерализации.

Определение основных элементов методики работ

Выбирается площадной или профильный характер работ каждым методом. Возможно сочетание площадных работ одним методом с профильными работами другим методом. Площадные работы дают геолого-геофизическую характеристику всей площади, профильные - чаще всего обеспечивают построение геолого-геофизических разрезов, и только в отдельных случаях используются для изучения площади. Каждый из методов может привлекаться в комплекс в той или иной технологической модификации - аэро, авто и пешеходной. Выбирается и обосновывается масштаб съемки для каждого вида работ. На одной и той же стадии работы разными методами могут предусматриваться в смежных масштабах (1:100000 - 1:50000, 1:50000-1:25000, 1:25000 - 1:10000 и т.д.), но один из масштабов выбирается как основной; в этом масштабе строятся все отчетные карты и разрезы. Таким образом масштаб съемки и масштаб отчетных карт определяются требованиями стадии работ и свойствами исследуемого объекта. Причем, геофизические карты могут быть на один масштаб крупнее итоговых геологических карт.

Для аэрометодов указываются и обосновываются тип используемого летательного аппарата, высота полетов, направление, густота и длина маршрутов. При этом определяющими являются элементы методики, относящиеся к основным методам работ. Аэроработы сопровождаются наземными детализационно-оценочными работами для опознавания аномалий на местности, определения их геологической природы и оценки продуктивности (рудности).

В случае применения автомобильных съемок выбирается тип автомобиля, скорость перемещения, направление и густота маршрутов, способ детализации аномалий. Для наземных (пешеходных) работ

определяется основная сеть съемки (расстояние между профилями и между точками наблюдений); к примеру 500х50 м, 100х20м). Причем, выбранная сеть отвечает соответствующему масштабу работ.

Для всех методов указывается модификация и способ наблюдения, применяемые установки и их размеры, системы наблюдений, наличие опорной сети, объем и вид детализации аномалий, объем контроля, способ оправдания качества, вид плановой и высотной привязок, способы обработки и интерпретации материалов.

Следует также определить последовательность выполнения работ разных видов. Для нее характерны: первоочередное использование мобильных и легких видов работ, целенаправленное и более экономное применение трудоемких видов, переход от изучения приповерхностного строения к глубинному, постепенная локализация площади исследований.

Составным элементом методики является и выбор опорных профилей для получения опорных геолого-геофизических разрезов и интерпретационных профилей для количественной интерпретации геофизических и геохимических аномалий. Исследования отличаются повышенной глубиной (опорные профили) и детальностью (интерпретационные профили), а также расширенной комплексностью. Полевые работы включают петрофизические наблюдения для самостоятельного решения геологических задач и для получения сведений о физических свойствах геологических образований. При этом упор следует делать на получение сведений о наиболее часто встречающихся, наиболее вероятных значениях указанных свойств.

Обработка и интерпретация геофизических материалов

Для каждого вида работ следует определить характер ожидаемой геологической информации. В число результативных материалов входят: 1) геофизические карты и геолого-геофизические разрезы; 2) карты результатов интерпретации геофизических материалов и 3) итоговые геологические карты и разрезы, построенные с учетом геофизической информации. Указываются содержание обработки материалов (в чем она заключается, какие поправки и как будут учтены, намечаемые трансформации, технологии обработки) и интерпретации полученных данных (особенности качественной и коли-

чественной интерпретации, применяемые способы и технологии), ожидаемые геологические результаты и характер рекомендаций для постановки последующих геолого-геофизических работ.

Автоматизация сбора, хранения и обработки геолого-геофизической информации

1. Следует рассмотреть технические параметры полевой аппаратуры с точки зрения использования средств автоматизированного сбора, хранения и ввода в ЭВМ исходных (первичных) данных. При этом: а) учитываются требования оперативности обработки, определяемой технологией геологоразведочных работ; б) анализируются возможности и состав процедур цифровой или аналоговой обработки, обеспечиваемой микропроцессорами или микро ЭВМ в составе аппаратуры; в) выясняется необходимость и содержание дальнейшей обработки на вычислительных центрах различного уровня.

2. Производится ознакомление с автоматизированными системами обработки и интерпретации геофизических данных (их структурой, функциональными возможностями, практическим использованием). Такие системы представляют собой органически связанные специализированные банки данных и подсистем прикладных программ. Особое внимание обратить на АСОИМ, предназначенные для сбора, хранения, обработки и интерпретации геолого-геофизической информации в рудной геофизике. Основная область применения таких систем — построение моделей геологических объектов и изучение их взаимоотношений с целью комплексной интерпретации геолого-геофизических данных.

3. Обосновывается выбор автоматизированной системы цифровой обработки. Система должна иметь необходимый для решения задач набор процедур, соответствующих используемой литературе, средствам ввода и вывода информации, и быть согласованной с работой ЭВМ соответствующего уровня ВЦ. Приводится функциональная блок-схема процедур и по возможности карта технического уровня. Обосновывается требуемый граф обработки (с учетом необходимого улучшения отношения сигнал/помеха) и интерпретации, а также потребность и содержание априорных данных для составления исходных моделей. По возможности оцениваются экономические показатели цифровой обработки.

4. Блок-схема процедур интерпретации может включать следующие этапы: а) подготовку исходных данных (составление исходных карт, введение поправок, преобразование поля); б) формирование физико-геологической модели исследуемого объекта (комплексный анализ геолого-геофизической информации, составление интерпретационных схем и разрезов, редакция имеющихся геологических карт и разрезов); в) согласование модели с исходными данными (формализация и кодирование данных, решение прямой задачи); г) решение обратной задачи (подбор параметров объемной модели) при использовании программных средств и ЭВМ выполняется последовательными приближениями; д) оценка устойчивости полученных результатов путем многократного решения обратной задачи при различных значениях некоторых заранее заданных обобщенных параметров.

Курсовой проект должен включать текстовую часть, таблицы (вариационные кривые, гистограммы) физических свойств пород и руд, двумерное или трехмерное изображение физико-геологической модели объекта, а также геофизические карты и графики, геолого-геофизические разрезы, карты интерпретации геофизических материалов, характеризующие возможности и эффективность применения того или иного метода, выбранного для включения в комплекс.

Список рекомендуемой литературы

1. Комплексирование геофизических методов при решении геологических задач /Под ред. В.Е.Никитского и В.В.Бродового/ М.:Недра, 1987.
2. Тархов А.Г., Бондаренко В.М., Никитин А.А. Комплексирование геофизических методов. М.:Недра, 1982.
3. Комплексирование методов разведочной геофизики. Справочник геофизика /Под ред.В.В.Бродового и А.А.Никитина. М.:Недра, 1984.
4. Скважинная и шахтная геофизика. Справочник геофизика:В 2т. /Под ред.В.В.Бродового М.:Недра, 1989.
5. Бродовой В.В., Борцов В.Д., Подгорная Л.Е и др. Геофизические методы разведки рудных месторождений. М.:Недра, 1990.
6. Бродовой В.В. Геофизические исследования в рудных провинциях. М.:Недра, 1984.
7. Новицкий Г.П. Комплексирование геофизических методов разведки. Ленинград: Недра, 1974.
8. Боровко Н.Н. Оптимизация геофизических исследований при поисках рудных месторождений. Ленинград: Недра, 1979.
9. Вахромеев Г.С. Основы методологии комплексирования геофизических методов при поисках рудных месторождений. М.:Недра, 1978.
10. Геофизические поиски рудных месторождений /Под ред. В.А.Кличникова, В.В.Бродового, А.П.Солодова, М.Д.Морозова. Алма-Ата, Полиграфкомбинат, 1970.
11. Методические рекомендации по комплексированию геофизических методов при крупномасштабных геологосъемочных работах и поисках месторождений твердых полезных ископаемых. Ленинград: НПО "Рудгеофизика", 1983.
12. Бродовой В.В. Системно-структурный подход в разведочной геофизике.- Геология и разведка, 1984, № 9.
13. Бродовой В.В. Возможности разработки единой классификации геофизических методов при поисках и разведке рудных полезных ископаемых.- Геология и разведка, 1984, № 2.

14. Геотектоническое районирование Казахстана по геофизическим данным /Под ред. Ш.Е.Есенова, М.Д.Морозова, В.В.Бродового и др. М.: Недра, 1969.
15. Вахромеев Г.С., Давиденко А.Ю. Моделирование в разведочной геофизике. М.: Недра, 1987.

О г л а в л е н и е

Введение.....	3
§1. Подсистемы поисковых и разведочных работ на рудные полезные ископаемые.....	6
§2. Требования к выполнению и схема описания лабораторных работ.....	50
§3. Лабораторные работы по металлическим полезным ископаемым.....	56
Лабораторная работа № 1. Определение комплекса геофизических методов при поисках и разведке месторождений хромитов.....	56
Лабораторная работа № 2. Определение комплекса геофизических методов при поисках и разведке месторождений олова.....	60
Лабораторная работа № 3. Определение комплекса геофизических методов при поисках и разведке месторождений ртути.....	63
Лабораторная работа № 4. Определение комплекса геофизических методов при поисках и разведке медно-скарпных месторождений.....	67
Лабораторная работа № 5. Определение комплекса геофизических методов при поисках и разведке месторождений никеля силикатного типа (кор выветривания).....	70
Лабораторная работа № 6. Определение комплекса геофизических методов при поисках и разведке редкометалльных кварцево-жильных месторождений.....	73
§4. Лабораторные работы по неметаллическим полезным ископаемым.....	76
Лабораторная работа № 7. Определение комплексов геофизических методов при поисках и разведке месторождений корунда.....	76

Лабораторная работа № 8. Определение комплексов геофизических методов при поисках и разведке месторождений талька.....	78
Лабораторная работа № 9. Определение комплексов геофизических методов при поисках и разведке месторождений барита.....	80
§5. Лабораторные работы по геоморфологическим объектам.....	83
Лабораторная работа № 10. Разработка комплекса геофизических методов для изучения кор выветривания пород складчатого фундамента.....	83
Лабораторная работа № 11. Разработка комплекса геофизических методов для изучения погребенных долин, выполненных аллювиальными отложениями.....	84
§6. Лабораторные работы по нефти и газу.....	86
Лабораторная работа № 12. Определение комплекса геофизических методов при поисках и изучении нефтеперспективных солянокупольных структур.....	86
§7. Лабораторная работа по комплексной интерпретации геофизических материалов.....	89
Лабораторная работа № 13. Выполнить комплексную интерпретацию геофизических материалов при региональном изучении рудных районов, поисках и разведке рудных месторождений.....	89
§8. Методические указания по выполнению курсового проекта "Разработка рационального комплекса геофизических методов для одной из стадий геологического изучения районов, поисков и разведки месторождений полезных ископаемых".....	93
Список рекомендуемой литературы.....	102

Владимир Васильевич Бродовой
ЛАБОРАТОРНЫЙ ПРАКТИКУМ ПО КУРСУ
"КОМПЛЕКСИРОВАНИЕ ГЕОФИЗИЧЕСКИХ МЕТОДОВ"
Учебное пособие

Редактор Л.А.Захарчук
Технический редактор Л.Д.Ярова

Подписано в печать 21.04.94. Формат бумаги 60х90 1/16.
Бумага типографская № 3. Печать офсетная. Печ.л. 6,0.
Тираж 200 экз.

Редакционно-издательский отдел МГА