

Федеральное государственное бюджетное образовательное
учреждение высшего образования
Московский государственный университет имени М.В. Ломоносова
Геологический факультет

УТВЕРЖДАЮ
и.о. декана Геологического факультета
чл.-корр. РАН _____/Н.Н.Ерёмин/
«___» _____ 2022 г.

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ
Геофизика твердых полезных ископаемых

Geophysics of solid minerals

Автор-составитель: Куликов В.А.

Уровень высшего образования:
Магистратура

Направление подготовки:
05.04.01 Геология

Магистерская программа:
Геофизика

Форма обучения:
Очная

Рабочая программа рассмотрена и одобрена
Учебно-методическим Советом Геологического факультета
(протокол № _____, _____)

Москва 2022

Рабочая программа дисциплины разработана в соответствии с самостоятельно установленным МГУ образовательным стандартом (ОС МГУ) для реализуемых основных профессиональных образовательных программ высшего образования по направлению подготовки «Геология» (*программы магистратуры*).

ОС МГУ утвержден решением Ученого совета МГУ имени М.В.Ломоносова от _____ 2022 года (протокол №__).

Год приема на обучение: 2022

Цель и задачи дисциплины

Цель курса "Геофизика твердых полезных ископаемых" - обеспечить подготовку бакалавров геологии (профиль Геофизика) в области решения рудопоисковых задач с помощью геофизических методов.

Задачи - теоретически и практически освоить методы рудной геофизики, научиться правильно планировать исследования, направленные на поиски рудных объектов, ознакомиться с современными аппаратурно-методическими подходами в решении рудопоисковых задач.

Краткое содержание дисциплины (аннотация):

Рассматриваются физические свойства горных пород, руд и способы их измерения. Приводится краткая характеристика геофизических методов, применяемых при изучении рудных месторождений, рекомендации по комплексированию геофизических методов, применяемых на различных этапах геологоразведочных работ.

В основном разделе курса дано описание наиболее распространенных типов рудных месторождений. Приведена петрофизическая характеристика руд, метасоматитов и вмещающих пород. Предложен рациональный комплекс геофизических методов для изучения рудных месторождений. Приведены примеры комплексных геофизических работ на рудных месторождениях данного типа.

1. Место дисциплины в структуре ОПОП – относится к профессиональному блоку вариативной части ОПОП, является обязательной для освоения. Курс – II, семестр- 3.

2. Входные требования для освоения дисциплины, предварительные условия:

обучающийся должен владеть базовыми естественно-научными, математическими и профессиональными знаниями в объеме вступительного экзамена в магистратуру, знаниям по дисциплинам: «Общая геология», «Геофизические методы исследования», «Теория геофизических полей», «Комплексирование геофизических методов».

3. Планируемые результаты обучения по дисциплине, соотнесенные с требуемыми компетенциями выпускников.

Индекс	Общепрофессиональная компетенция	Индикаторы (показатели) достижения компетенций	Планируемые результаты обучения по дисциплине, сопряженные с компетенциями
ОПК-1.ММ	Способен применять на практике знания фундаментальных и прикладных разделов дисциплин, определяющих направленность подготовки, при решении задач профессиональной деятельности.	ММ.ОПК-1.И-1. Использует на практике знания фундаментальных и прикладных разделов дисциплин, определяющих направленность подготовки, при решении исследовательских и прикладных задач профессиональной деятельности.	Знать: типы месторождений полезных ископаемых и их проявление в различных физических полях; Уметь: оценить возможности тех или иных геофизических методов для решения рудопоисковых задач;
ПК-1.ММ	Способен самостоятельно проводить научные исследования с помощью современного	ММ.ПК-1.И-2. Самостоятельно проводит научные исследования с помощью современного оборудования.	Знать: геофизические методы, применяющиеся для поиска и разведки месторождений твердых полезных ископаемых,

	оборудования, информационных технологий, с использованием новейшего отечественного и зарубежного опыта.	ММ.ПК-1.И-3. Обрабатывает полученные результаты, формулирует выводы и рекомендации по использованию полученных результатов.	Уметь: выбрать правильный комплекс методов и масштаб геофизической съемки;
МПК-1	Способен самостоятельно ставить задачи научных и практических исследований в области геофизики, а также решать их с использованием современных подходов к проведению геофизических наблюдений, обработке данных, решению прямых и обратных задач, геологической интерпретации результатов	МПК-1.И-1. Определяет цели и задачи геофизических исследований. МПК-1.И-2. Владеет методами проведения геофизических наблюдений и обработки данных. МПК-1.И-3. Знает основы решения прямых и обратных задач геофизики, геологической интерпретации данных.	Знать: петрофизические свойства различных руд и других твердых полезных ископаемых, физико-геологические модели типичных месторождений; Уметь: сформулировать основные геофизические признаки полезного ископаемого; Владеть: подходами к комплексной интерпретации геофизических данных, полученных на разных стадиях поиска и разведки месторождений твердых полезных ископаемых.

4. Объем дисциплины составляет 2 з.е., в том числе 28 академических часов на контактную работу обучающихся с преподавателем (лекции), 44 академических часа на самостоятельную работу обучающихся. Форма промежуточной аттестации – зачёт.

5. Формат обучения не предполагает электронного обучения и использования дистанционных образовательных технологий (за исключением форс-мажорных обстоятельств – пандемии и т.п.)

6. Содержание дисциплины, структурированное по темам (разделам) с указанием отведенного на них количества академических или астрономических часов и виды учебных занятий

Наименование и краткое содержание разделов и тем дисциплины Форма промежуточной аттестации по дисциплине	Всего (часы)	В том числе				
		Контактная работа (работа во взаимодействии с преподавателем) <i>Виды контактной работы, часы</i>			Самостоятельная работа обучающегося <i>Виды самостоятельной работы, часы</i>	
		Занятия лекционного типа	Занятия семинарского типа	Всего	Подготовка к контрольной работе	Всего
Раздел 1. Общие вопросы. Петрофизическая характеристика руд и вмещающих пород.	7	7		7		
Текущая аттестация 1: контрольная работа	8				8	8
Раздел 2. Краткая характеристика геофизических методов, применяемых при поисках месторождений твердых полезных ископаемых.	7	7		7		
Текущая аттестация 2: контрольная работа	8				8	8
Раздел 3. Стадийность геофизических работ.	7	7		7		
Текущая аттестация 3: контрольная работа	8				8	8
Раздел 4. Геофизические исследования при поисках основных типов рудных месторождений.	7	7		7		
Текущая аттестация 4: контрольная работа	8				8	8
Промежуточная аттестация <i>зачёт</i>	12	<i>Устный зачёт</i>			12	
Итого	72	28			44	

Содержание лекций

ВВЕДЕНИЕ

1. ОТДЕЛЬНЫЕ РАЗДЕЛЫ ГЕОЛОГИИ ПОЛЕЗНЫХ ИСКОПАЕМЫХ

- 1.1. Некоторые распространенные определения
- 1.2. Группы полезных ископаемых
- 1.3. Классификация горных пород
 - 1.3.1. Магматические горные породы
 - 1.3.2. Метаморфические горные породы
 - 1.3.3. Метасоматические горные породы
 - 1.3.4. Осадочные горные породы
- 1.4. Распространенные промышленные минералы и типы месторождений
- 1.5. Типы рудных объектов
- 1.6. Формы интрузивных тел
 - 1.6.1. Согласные интрузивные тела (с вмещающими породами)
 - 1.6.2. Секущие интрузивные тела
- 1.7. Морфология рудных тел
 - 1.7.1. Изометричные рудные тела
 - 1.7.2. Плоские тела полезных ископаемых
 - 1.7.3. Другие формы рудных тел
- 1.8. Подсчет запасов и оценка прогнозных ресурсов
 - 1.8.1. Подсчет запасов месторождения
 - 1.8.2. Качество полезного ископаемого
 - 1.8.3. Классификация месторождений по количеству запасов ПИ
- 1.9. Признаки рудоносности

2. ФИЗИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА ГОРНЫХ ПОРОД И РУД

- 2.1. Плотностные свойства
 - 2.1.1. Группы пород по плотности
 - 2.1.2. Влияние гидротермально-метасоматических изменений на плотность горных пород
- 2.2. Упругие свойства
- 2.3. Магнитные свойства
 - 2.3.1. Группы горных пород по магнитным свойствам
 - 2.3.2. Остаточная и индуктивная намагниченности
 - 2.3.3. Магнитные свойства горных пород
 - 2.3.3.1. Магматические породы
 - 2.3.3.2. Осадочные породы
 - 2.3.3.3. Метаморфические породы
 - 2.3.3.4. Руды
- 2.4. Электрические свойства
 - 2.4.1. Удельное электрическое сопротивление
 - 2.4.1.1. Зависимость УЭС от сопротивления электролита, температуры
 - 2.4.1.2. УЭС горных пород
 - 2.4.2. Диэлектрическая проницаемость
 - 2.4.2.1. Диэлектрическая проницаемость минералов
 - 2.4.2.2. Диэлектрическая проницаемость ГП
 - 2.4.3. Естественная электрохимическая активность
 - 2.4.4. Вызванная поляризация ГП
 - 2.4.4.1. Группы пород по уровню ВП
 - 2.4.4.2. Зависимость ВП от количества и размера включений
 - 2.4.4.3. Зависимость ВП от влажности
 - 2.4.4.4. Временные (частотные) характеристики ВП
- 2.5. Ядерно-физические свойства

2.5.1. Магматические породы

2.5.2. Осадочные породы

2.6. Петрофизические классы рудных минералов

3. КРАТКАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА ГЕОФИЗИЧЕСКИХ МЕТОДОВ, ПРИМЕНЯЕМЫХ ПРИ ПОИСКАХ МЕСТОРОЖДЕНИЙ ТПИ

3.1. Спутниковые методы

3.1.1. Альтиметрия и гравиметрия

3.1.2. Магнитометрия

3.1.3. Анализ концентрических зон

3.2. Аэрогеофизическая съемка

3.2.1. Аэромагнитометрия

3.2.2. Аэрогравиметрия

3.2.3. Аэрорадиометрия

3.2.4. Аэроэлектроразведка

3.2.5. Геологические и поисковые задачи, решаемые аэрогеофизическими методами

3.3. Наземные работы методами сопротивлений и ВП

3.3.1. Площадные работы методами сопротивлений и ВП

3.3.1.1. Различные параметры ВП

3.3.1.2. Спектральные характеристики ВП

3.3.1.3. Пример площадных съемок ВП-СГ на рудных объектах

3.3.1.4. Задачи, решаемые методами ВП-СГ, ВП-ЭП для некоторых типов рудных месторождений

3.3.2. Электротомография с измерением ВП

3.3.2.1. Методика глубинного варианта электротомографии

3.3.2.2. Возможности электротомографии на синтетических моделях

3.3.2.3. Пример полевых работ методом глубинной ЭТ

3.3.2.4. Задачи, решаемые методом ЭТ-ВП для некоторых типов рудных месторождений

3.4. Индукционные методы электроразведки

3.4.1. Магнитотеллурические методы

3.4.1.1. МТ-поле Земли

3.4.1.2. Глубинность метода

3.4.1.3. Передаточные функции в МТЗ

3.4.1.4. Современные модификации метода

3.4.1.5. Применение МТ-методов в рудной геофизике

3.4.2. Зондирование становлением поля в ближней зоне (ЗСБ (МПП))

3.4.2.1. Основы метода и методика работ

3.4.2.2. Сравнение ЗСБ и МТЗ

3.4.2.3. Применение метода ЗСБ в рудных задачах

3.4.3. Частотное зондирование (ЧЗ)

3.4.3.1. Высокочастотные индукционные методы

3.4.3.2. Метод радиоКИП

3.4.3.3. Дипольное электромагнитное профилирование и зондирование

3.5. Наземная магниторазведка

3.5.1. Основы метода и методика работ

3.5.2. Интерпретация данных магнитной съемки

3.5.2.1. Качественный анализ (интерпретация)

3.5.2.2. Количественная интерпретация (подбор)

3.5.3. Магниторазведка с подмагничиванием

3.5.4. Области применения наземной магниторазведки при решении рудных задач

3.6. Наземная гравиразведка

3.6.1. Основы методики

- 3.6.2. Качественная и количественная интерпретация
- 3.6.3. Области применения наземной гравиразведки при решении рудных задач
- 3.7. Рудная сейсморазведка
- 3.8. Методы с использованием скважин
 - 3.8.1. Метод заряда
 - 3.8.2. Межскважинная электротомография (МЭТ)
 - 3.8.3. Радиоволновое просвечивание (РВП)
- 3.9. Каротаж
 - 3.9.1. Стандартные методы каротажа
 - 3.9.2. Дополнительные рудные методы каротажа

4. СТАДИЙНОСТЬ ГЕОФИЗИЧЕСКИХ РАБОТ

- 4.1. Региональное геологическое изучение недр
 - 4.1.1. Объект изучения и цели работ
 - 4.1.2. Геофизический комплекс
 - 4.1.3. Результаты работ по опорным профилям в азиатской части России
 - 4.1.4. Результаты работ по опорному профилю на Полярном Урале
 - 4.1.5. Площадной анализ магнитного и гравитационного поля на Восточно-Сибирской платформе
- 4.2. Поиски и оценка месторождений полезных ископаемых
 - 4.2.1. Объект изучения и цели работ
 - 4.2.2. Геофизические методы и решаемые задачи
- 4.3. Разведка и освоение месторождения
 - 4.3.1. Объект изучения и цели работ
 - 4.3.1.1. Разведка месторождения
 - 4.3.1.2. Эксплуатационная разведка
 - 4.3.2. Геофизический комплекс

5. ГЕОФИЗИЧЕСКИЕ ИССЛЕДОВАНИЯ ПРИ ПОИСКАХ ОСНОВНЫХ ТИПОВ РУДНЫХ МЕСТОРОЖДЕНИЙ

- 5.1. Эндогенные месторождения
 - 5.1.1. Магматические месторождения
 - 5.1.1.1. Титаномагнетитовое оруденение в габброидах
 - 5.1.1.2. Коренные месторождения алмазов
 - 5.1.1.3. Ликвационные месторождения
 - 5.1.1.4. Позднемагматические месторождения
 - 5.1.1.5. Пегматитовые месторождения
 - 5.1.2. Постмагматические месторождения
 - 5.1.2.1. Скарновые месторождения
 - 5.1.2.2. Свинцово-цинковые полиметаллические месторождения
 - 5.1.2.3. Кварцево-жильные месторождения
 - 5.1.2.4. Медно-порфиновые месторождения
- 5.2. Экзогенные месторождения
 - 5.2.1. Месторождения медистых песчаников
- 5.3. Метаморфогенные месторождения
 - 5.3.1. Метаморфизованные месторождения
 - 5.3.2. Метаморфические месторождения

7. Фонд оценочных средств (ФОС) для оценивания результатов обучения по дисциплине

7.1. Типовые контрольные задания или иные материалы для проведения текущего контроля успеваемости.

Текущий контроль усвоения дисциплины осуществляется при выполнении каждым студентом контрольной работы по завершении каждого из четырех разделов курса.

Примеры вопросов на контрольных работах:

- Перечислить промышленные минералы железа, меди, никеля, молибдена, свинца, цинка;
- Оценить по результатам геофизических работ прогнозные ресурсы месторождения;
- Нарисовать физико-геологическую модель медно-порфирового месторождения;
- Нарисовать физико-геологическую модель кимберлитовой трубки месторождения;
- Предложить комплекс геофизических работ для поиска месторождения железа скарного типа определенного масштаба съемки;
- Назвать геофизические признаки медно-никелевых месторождений.

7.2. Типовые контрольные задания или иные материалы для проведения промежуточной аттестации.

Примерный перечень вопросов при промежуточной аттестации (зачёте):

1. Объяснить понятия: полезное ископаемое, месторождение, рудопроявление, типы руды - бедная, богатая, полиметаллическая, окисленная, вкрапленная, сплошная.
2. Объяснить понятия: метасоматоз, выщелачивание, обогащение руды, вскрыша.
3. Магматические горные породы (принципы классификации, наиболее распространенные породы).
4. Метаморфические горные породы (принципы классификации, наиболее распространенные породы).
5. Осадочные горные породы (принципы классификации, наиболее распространенные породы).
6. Ассоциация важнейших химических элементов с типами горных пород.
7. Промышленные минералы железа.
8. Промышленные минералы меди, никеля, молибдена, свинца, цинка, олова.
9. Промышленные минералы алюминия, золота, серебра, урана.
10. Формы рудных тел.
11. Оценка запасов твердых полезных ископаемых.
12. Плотностные свойства горных пород. Единицы измерения. Способы измерения. Группы пород по плотности.
13. Магнитные свойства горных пород. Единицы измерения. Способы измерения. Остаточная и индуктивная намагниченность. Группы пород по магнитным свойствам.
14. Электрические свойства горных пород. Единицы измерения. Способы измерения.
15. Зависимость сопротивления электролитов от температуры и минерализации.
16. УЭС различных горных пород.
17. Диэлектрическая проницаемость горных пород.
18. Естественная поляризация горных пород. Причины.
19. Вызванная поляризация горных пород. Единицы измерения. Способы измерения.
20. Частотные (временные) характеристики ВП.
21. Группы пород по уровню ВП.
22. Ядерно-физические свойства горных пород. Естественная радиоактивность. Единицы измерения.
23. Группы пород по радиоактивности.
24. Петрофизические модели.
25. Типы месторождений (классификация).
26. Магматические месторождения (классификация).
27. Кимберлитовые трубки. Проявленность в физических полях.

28. Норильская рудная зона. Проявленность в физических полях.
29. Постмагматические месторождения (классификация).
30. Рудный Алтай – факторы оруденения.
31. Принцип строения медно-порфировых месторождений.
32. Экзогенные и метаморфогенные месторождения (классификация).
33. КМА. Схема геологического строения месторождений. Проявленность в физических полях.
34. Региональные геофизические работы масштаба 1:1000000, 1:500000, 1:200000. Краткая характеристика комплекса.
35. Аэросъемка. Методы.
36. Опорные геофизические профиля. Задачи. Методы.
37. Крупномасштабные геофизические работы по поиску ПИ масштаба 1:50000 – 1:10000. Краткая характеристика комплекса.
38. Детальная разведка МПИ. Краткая характеристика комплекса.
39. Гравиразведка, магниторазведка. Аппаратура. На каких этапах применяются. Решаемые задачи.
40. ГМТЗ-МТЗ-АМТЗ. Принцип метода. Аппаратура. На каких этапах применяются. Решаемые задачи. Проблемы и ограничения метода.
41. ЗСБ (МПП). Принцип метода. Аппаратура. На каких этапах применяется. Решаемые задачи. Проблемы и ограничения метода.
42. Метод ВП. Модификации. На каких этапах применяется. Решаемые задачи. Проблемы и ограничения метода.
43. Основные виды каротажа.
44. Метод заряженного тела. Решаемые задачи. Модификации.

Шкала и критерии оценивания результатов обучения по дисциплине (зачёт).

Оценка результатов обучения, <i>соответствующие виды оценочных средств</i>	Незачёт	Зачёт
Знания типы месторождений полезных ископаемых и их проявление в различных физических полях; геофизические методы, применяющиеся для поиска и разведки месторождений твердых полезных ископаемых, петрофизические свойства различных руд и других твердых полезных ископаемых, физико-геологические модели типичных месторождений; <i>(письменный или устный опрос)</i>	Фрагментарные знания или отсутствие знаний	Сформированные систематические знания или общие, но не структурированные знания
Умения оценить возможности тех или иных геофизических	В целом успешное, но не систематическое умение или отсутствие умений	Успешное и систематическое умение или в целом успешное, но

<p>методов для решения рудопоисковых задач; выбрать правильный комплекс методов и масштаб геофизической съемки; сформулировать основные геофизические признаки полезного ископаемого; выбрать аппаратуру для проведения геофизических исследований физических полей (письменный или устный опрос)</p>		<p>содержащее отдельные пробелы умение (допускает неточности непринципиального характера)</p>
<p>Навыки (владения, опыт деятельности) подходами к комплексной интерпретации геофизических данных, полученных на разных стадиях поиска и разведки месторождений твердых полезных ископаемых (письменный или устный опрос)</p>	<p>Наличие отдельных навыков или отсутствие навыков</p>	<p>Сформированные навыки (владения), применяемые при решении задач или, в целом, сформированные навыки (владения), но используемые не в активной форме</p>

8. Ресурсное обеспечение:

А) Перечень основной и дополнительной литературы.

- основная литература:

- Комаров В.А. Электроразведка методом вызванной поляризации. Л.: Недра, 1980. 391 с.
- Семенов А.С. Электроразведка методом естественного поля. М.: Недра, 1980.
- Электроразведка рудных полей методом заряда / М.В. Семенов, В.М. Сапожников, М.М. Авдевич, Ю.В. Голиков. Л.: Недра, 1984. 214 с.
- Налдретт А. Дж. Магматические сульфидные месторождения медно-никелевых и платинометаллических руд. // Изд. СПбГУ. Санкт Петербург. 2003. 487 стр.
- Бродовой В.В., Булатов Б.С., Новиков П.В., Иванов А.А. Новые железорудные объекты в Северо-Калужском районе по результатам магнитных исследований // Известия вузов (Геология и разведка). 2001. № 4. С. 77-84.
- Бродовой В.В. Геофизические исследования в рудных провинциях. М.: Недра, 1984.
- Бродовой В.В. Комплексирование геофизических методов. М.: Недра, 1991.
- Петров А.В., Трусов А.А. Компьютерная технология статистического с спектрально-корреляционного анализа трехмерной геоинформации – КОСКАД 3D. Геофизика, №4, М.: ЕАГО, 2000.
- Хмелевской В.К. Геофизические методы исследования земной коры. Дубна, Изд-во Международного университета природы, общества и человека. Книга 1, 1997, книга 2, 1999.

- дополнительная литература:

- Яковлев Г.Ф. Геологические структуры рудных полей и месторождений. М.: Изд-во МГУ, 1982, 270 с.
- Вешев А.В. Электропрофилирование на постоянном и переменном токе. Л.: Недра, 1980.

- Захаров В.Х. Электроразведка методом дипольного индуктивного профилирования. Л.: Недра, 1975.
- Куликов А.В., Шемякин Е.А. Электроразведка фазовым методом вызванной поляризации. М.: Недра, 1978.
- Руководство по радиоволновым методам скважинной и шахтной геофизики. М.: Недра, 1977.
- Светов Б.С. Теория, методика и интерпретация материалов низкочастотной индуктивной электроразведки. М.: Недра, 1973.
- Инструкция по электроразведке. Л.: Недра, 1984.
- Бобачев А.А., Модин И.Н., Перваго Е.В., Шевнин В.А. Многоэлектродные электрические зондирования в условиях горизонтально-неоднородных сред. М.: 1996, 50 с. // Разведочная геофизика. Обзор. АОЗТ "Геоинформмарк". Выпуск 2. 50 с.
- Якубовский Ю.В. Индуктивный метод электроразведки. М.: Госгеолтехиздат, 1963. 211 с.
- Рысс Ю.С. Геохимические методы разведки (Введение в геоэлектрохимию). Л.: Недра, 1983. 255 с.

9. Язык преподавания – русский.

10. Преподаватель:

Ответственный за курс: проф. Куликов Виктор Александрович.

Преподаватель: проф. Куликов Виктор Александрович.

11. Разработчик программы: проф. Куликов Виктор Александрович.