

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

УТВЕРЖДАЮ
Декан геологического
факультета, чл.-корр. РАН
Еремин Н.Н.



18 декабря 2025 г.

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ

Наименование дисциплины:

Геологическая интерпретация данных электроразведки

Уровень высшего образования:

Магистратура

Направление подготовки:

05.04.01. Геология

Магистерская программа:

Малоглубинная и глубинная геофизика

Форма обучения:

Очная

Рабочая программа рассмотрена и одобрена
Учебно-методическим Советом
Геологического факультета МГУ
(протокол № 8 от 15 декабря 2025)

Москва 2025

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», утвержденным приказом по МГУ от 30.12.2016 № 1674 (в действующей редакции).

Год приема на обучение: 2025.

Цель и задачи дисциплины

Целью освоения дисциплины «Геологическая интерпретация данных электроразведки» является изучение современных подходов к особенностям интерпретации электроразведочных данных на постоянном и переменном токе при решении широкого круга геологических задач, включая общие вопросы планирования геофизических работ, комплексирования электроразведки с другими геофизическими методами и бурением, методики полевых наблюдений, обработки и визуализации результатов.

Задачи: глубокое освоение теории электроразведки на постоянном и переменном токе, изучение электроразведочной терминологии, современной методики и техники электроразведочных работ, планированию и выполнению исследований при решении геологических задач, изучение структуры помех, имеющих естественное, промышленное, методическое и происхождение, глубокое ознакомление с принципом эквивалентности в электроразведке и способов преодоления неоднозначности решения обратных задач, ознакомление с основными направлениями электроразведки и технической реализацией аппаратурных разработок.

Краткое содержание дисциплины (аннотация):

Геологическая интерпретация является конечной стадией геофизических исследований. В результате геологической интерпретации должны быть построены геолого-геофизические и геологические разрезы, карты, структурные геологические схемы и выданы окончательные результаты геофизических исследований. Точность таких построений зависит от требуемого масштаба карт и разрезов, глубинности исследования, плотности наблюдения электроразведочных данных, методов исследования, выбранной модели среды, теоретических знаний и программного аппарата анализа данных, возможности алгоритмического и методического подавления геологических помех и промышленных шумов. В рамках данной учебной дисциплины подробно раскрываются физико-геологические закономерности влияния каждого из перечисленных факторов.

1. Место дисциплины в структуре ОПОП – относится к профессиональному блоку вариативной части ОПОП, дисциплина обязательная. Курс – I, семестр 2.

2. Входные требования для освоения дисциплины, предварительные условия. Базируется на знаниях по дисциплинам «Математический анализ», «Дифференциальные уравнения», «Вычислительная математика», «Информатика», «Теория геофизических полей», «Электроразведка», «Некорректные задачи геофизики», «Интерпретация данных электроразведки», «Теория электромагнитных зондирования», «Электромагнитные зондирования при решении глубинных задач».

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

Компетенции выпускников (коды)	Индикаторы достижения компетенций	Планируемые результаты обучения по дисциплине, соотнесенные с индикаторами достижения компетенций
ОПК-6.М	М.ОПК-6.И-1. Выбирает способы обработки данных и программные средства для решения задач профессиональной деятельности с учетом основных требований информационной безопасности.	Знать: возможности современных вычислительных методов и компьютерных технологий при применении электроразведки; основные закономерности формирования структуры электромагнитных полей в сложных неоднородных средах и методы устранения различных искажений поля для правильной геологической интерпретации данных электроразведки. Уметь: выбирать способы обработки и интерпретации данных и программные средства для применения электроразведки; Владеть: аналитическими и численными методами решения прямых одномерных и многомерных задач электроразведки.
ПК-6.М	М.ПК-6.И-2. Применяет методы обработки и комплексной интерпретации информации с использованием стандартных и специализированных программных пакетов.	Знать: современные методы обработки и интерпретации данных электроразведки. Уметь: применять методы обработки, интерпретации и геологической интерпретации данных электроразведки с использованием специализированных программных пакетов; использовать и понимать ограничения распространенных стандартных и прикладных программ моделирования электромагнитных полей.. Владеть: навыками разработки и применения специализированных программных пакетов для моделирования, интерпретации и геологической данных электроразведки.
СПК-3.М	М.СПК-3.И-1. Владеет методами геологической интерпретации данных электроразведки с учётом априорной геолого-геофизической информации.	Знать: теорию решения прямых и обратных задач электроразведки. Уметь: проводить моделирование, интерпретацию и геологическую интерпретацию данных электромагнитных зондирований. оценивать полученные результаты, обобщать их, формулировать выводы, связанные с решением электроразведочных задач, использовать полученные результаты электроразведочных исследований для их практического использования.

		<i>Владеть:</i> навыками применения и развития методов и программного обеспечения при решении прямых и обратных задач электроразведки; методикой двумерной инверсии данных электротомографии.
--	--	--

4. Объем дисциплины 3 з.е., в том числе 52 академических часов на контактную работу обучающихся с преподавателем, 56 академических часов на самостоятельную работу обучающихся. Форма промежуточной аттестации – экзамен.

5. **Содержание дисциплины**, структурированное по темам (разделам) с указанием отведенного на них количества академических часов и видов учебных занятий.

Наименование и краткое содержание разделов и тем дисциплины, Форма текущего контроля и промежуточной аттестации	Всего (часы)	В том числе								
		Контактная работа (работа во взаимодействии с преподавателем)				Самостоятельная работа обучающегося				
		Занятия лекционного типа	Занятия лабораторного типа	Занятия семинарского типа	Всего	Расчетно-графические работы	Работа с литературой (включая подготовку доклада)	Подготовка реферата	Подготовка контрольного опроса	Всего
<u>Введение</u> . Общие вопросы интерпретации электроразведочных данных.	10	4			4			8		8
<u>Раздел 1</u> . Основные типы помех и искажений электроразведочных данных.	39	10	6	4	20	9	8	8	8	24
Текущий контроль 1. <i>Письменный опрос</i>	8			2	2					0
<u>Раздел 2</u> . Обработка, визуализация, решение прямой и обратной задачи, критерии правильности решения обратной задачи.	43	16	4	4	24	9	8	8	8	24
Текущий контроль 2. <i>Письменный опрос</i>	8			2	2					0
Всего:	108	30	10	12	52	18	16	24	16	56
Промежуточная аттестация <i>Экзамен*</i>	0	0				0				0
Итого:	108	52				56				

* Промежуточная аттестация в форме экзамена проводится во время экзаменационной сессии, предусмотренной графиком учебного процесса

РАЗВЕРНУТОЕ СОДЕРЖАНИЕ ТЕМ И РАЗДЕЛОВ ДИСЦИПЛИНЫ

СОДЕРЖАНИЕ ЛЕКЦИЙ

(1) Введение

Общие вопросы обработки и интерпретации данных.

Проектирование геофизических исследований: разработка технического задания, оценка стоимости и времени выполнения работ. Масштабы съемок. Сбор априорной информации. Предварительное моделирование электрических и магнитных полей. Контроль качества материалов.

Общие принципы и подходы к решению обратных задач: замкнутая технология; пакетный режим интерпретации данных; диалоговый или интерактивный режим интерпретации данных. Положительные и отрицательные стороны каждого из подходов. Циклы интерпретации данных, неравномерность поступления геологических данных как основная причина и необходимость в переинтерпретации геофизических материалов.

Понятие о геофизической интерпретации (результат – геоэлектрический разрез) и геологическая интерпретация геофизических данных (результат – геолого-геофизический или литологический разрез).

Классы решаемых задач и модели геоэлектрического разреза.

Этапы интерпретации данных над сложно-построенными геологическими средами.

(2) Раздел 1. Основные типы помех и искажений электроразведочных данных

Раздел посвящен рассмотрению современных представлений о происхождении электромагнитных помех и искажений кривых электрического зондирования, их форме, амплитуде и способах борьбы с ними.

Общая классификация помех в электроразведке. Технические или методические помехи экспериментальных данных.

Помехи внешнего происхождения. Электромагнитные поля теллурического происхождения. Промышленные помехи.

Переменные электромагнитные поля внутреннего происхождения. Меняющиеся во времени естественные поля. Вариации электрических полей растений. Основные положения динамической геоэлектрики.

Межметодные помехи. Влияние индукционных эффектов на результаты электрических зондирований. Влияние индукционных эффектов на ВП.

Теория искажений кривых электрических зондирований. Понятие о локально-нормальной кривой зондирования. Поверхностный и глубинный Р-эффекты. С-эффект и физическое истолкование его проявления. Суммарное проявление Р- и С-эффектов на разрезах кажущегося сопротивления. Идея электрической деконволюции Локе-Баркера. Эффект сопряженных аномалий. Эффект бокового обтекания. Эффект экранирования. Эффект концентрации. Эффект переноса формы. Эффект над проводящей трубой.

Влияние анизотропии на результаты интерпретации ВЭЗ.

Ошибки неправильно выбранного класса решаемой задачи.

(3)Раздел 2. Обработка, визуализация, решение прямой и обратной задач, критерии правильности решения обратной задачи

Нормальный и логнормальный закон распределения электрических параметров поля.

Изображение данных электропрофилирования и ВЭЗ.

Трансформация ρ_{st} —Хмелевского - Одинцова.

Обратное преобразование функции Дар-Заррук.

Трансформация Зохди - Сименса.

Особенности программ 2D- и 3D- моделирования.

Принцип эквивалентности. Принципы эквивалентности для горизонтально слоистых сред. Принцип эквивалентности для 2D- и 3D- неоднородных геоэлектрических разрезов.

Пропорциональность между объемом и качеством измерений и качеством результатов интерпретации.

Основные математические алгоритмы решения обратной задачи: метод Ньютона и метод наискорейшего спуска.

Основные принципы использования метода подбора при решении обратной задачи.

Технология геологической интерпретации с использованием априорной информации: знакомство с техническим заданием и полевой документацией (журналами наблюдений, картой фактического материала), учет метеоусловий съемки, оценка применимости аппаратуры, оборудования и методики для решения задачи (детальное изучение технологии съемки), сбор фондовой априорной информации по исследуемому региону, проверка достоверности геологических и геофизических данных, полученных другими методами, принцип групповой интерпретации, использование средних кривых для составления стартовой модели, использование параметрических зондирований для оценки физических свойств грунтов и применимости данной технологии для решения задачи, гладкость решения, отбраковка грубых отскоков в исходных геофизических данных, проверка качества контрольных наблюдений и оценка пределов действия принципа эквивалентности, тщательный выбор класса модели среды, цикличность интерпретации данных, ручная корректировка результатов интерпретации как окончательный этап интерпретации.

ТЕМЫ СЕМИНАРОВ И ПЛАН ИХ ПРОВЕДЕНИЯ

1. «Планирование и организация электроразведочных исследований. Масштабы съемок. Место блока обработки и интерпретации в общепроизводственном процессе.»
2. «Типы электромагнитных и геологических помех»
3. **Доклады студентов (с презентацией)**
4. «Искажения кривых электрического зондирования»
5. «Правила представления информации. Структура и последовательность обработки и интерпретации данных»
6. **Доклады студентов по темам рефератов (с презентацией).**
7. «Программное обеспечение решения прямых задач электроразведки»
8. «Модели геоэлектрических разрезов»
9. **Доклады студентов по темам рефератов (с презентацией).**

ПЕРЕЧЕНЬ ЛАБОРАТОРНЫХ РАБОТ

1. Интерпретация данных электрических зондирований с помощью программы IPI2Win в рамках горизонтально-слоистого разреза.
2. Моделирование электрического поля для сложных двумерных геоэлектрических разрезов.
3. Моделирование электрического поля для трехмерных геоэлектрических разрезов.
4. Обработка, подготовка и двумерная инверсия данных электротомографии.

6. Фонд оценочных средств для оценивания результатов обучения по дисциплине:

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

Текущий контроль усвоения дисциплины осуществляется при сдаче каждым студентом выполненных расчетных лабораторных работ, при докладах (с презентацией), при защите рефератов.

Примерный перечень вопросов (тестов) для проведения текущего контроля:

1. Стадии проектирования геофизических работ.
2. Циклы интерпретации.
3. Стадии получения, обработки и интерпретации данных.
4. Геофизическая интерпретация и геологическая интерпретация.
4. Этапы интерпретации.
5. Помех в электроразведке.
6. Промышленные помехи.
7. Р-эффект.
8. С-эффект.
9. Принцип эквивалентности для ГСС, 2D- и 3D-неоднородностей.
11. Нормальный и логнормальный закон распределения.
12. Изображение данных.
13. Метод подбора.
14. Использование априорной информации.

6.2. Примерный перечень вопросов при проведении промежуточной аттестации (экзамен):

1. Стадии проектирования геофизических работ. Масштабы съемок.
2. Положительные и отрицательные стороны при пакетном, диалоговом и интерактивном режиме интерпретации данных.
3. Циклы интерпретации.
4. Стадии получения, обработки и интерпретации данных. Геофизическая интерпретация и геологическая интерпретация геофизических данных.
5. Классы решаемых задач и модели геоэлектрического разреза.
6. Этапы интерпретации данных над сложными геологическими структурами.
7. Влияние анизотропии на результаты интерпретации ВЭЗ.
8. Общая классификация помех в электроразведке.
9. Помехи от естественных, переменных электромагнитных полей.
10. Технические или методические помехи экспериментальных данных.
11. Промышленные помехи.
12. Межметодные помехи.
13. Влияние индукционных эффектов на результаты электрических зондирований.
14. Влияние индукционных эффектов на ВП.
15. Основные положения динамической геоэлектрики.
16. Ошибки неправильно выбранного класса решаемой задачи.
17. Меняющиеся во времени естественные поля.
18. Теория искажений кривых электрических зондирований. Понятие о локально-нормальной кривой зондирования.
19. Поверхностный и глубинный Р-эффекты.
20. С-эффект и физическое истолкование его проявления.
21. Суммарное проявление Р- и С-эффектов на разрезах кажущегося сопротивления. Идея электрической деконволюции Локе-Баркера.
22. Эффект сопряженных аномалий.
23. Эффект бокового обтекания.
24. Эффект экранирования.
25. Эффект концентрации.
26. Эффект переноса формы.
27. Эффект над проводящей трубой.
28. Принцип эквивалентности для ГСС.

29. Принцип эквивалентности для 2D- и 3D-неоднородностей.
30. Особенности программ 2D- и 3D- моделирования.
31. Нормальный и логнормальный закон распределения электрических характеристик поля.
32. Изображение данных электропрофилирования и ВЭЗ.
33. Трансформация ρ_{st} .
34. Обратное преобразование функции Дар-Заррук.
35. Трансформация Зохди.
36. Принцип соотношения между объемом и качеством измерений и качеством результатов интерпретации.
37. Основные математические алгоритмы решения обратной задачи.
38. Метод подбора при решении обратных задач.
39. Технология использования априорной информации на стадии геологической интерпретации.

6.3. Шкала и критерии оценивания

Результаты обучения, соответствующие виды оценочных средств	«Неудовлетворительно»	«Удовлетворительно»	«Хорошо»	«Отлично»
Знания Глубинность геометрических зондирований. Понятие о действующем разноме установок. Понятия ближней и дальней зон дипольного источника. Длина волны и толщина скин-слоя. Скорость электромагнитных волн в геологических средах (письменный или устный опрос)	Знания отсутствуют	Фрагментарные знания	Общие, но не структурированные знания	Систематические знания
Умения интерпретация многослойных кривых ВЭЗ с помощью специальных геофизических программ интерактивного подбора и диалога, построение геолого-геофизического разреза по данным ВЭЗ;	Умения отсутствуют	В целом успешное, но не систематическое умение, допускает не принципиальные неточности	В целом успешное, но содержащее отдельные пробелы	Успешное умение

интерпретация данных МТЗ и МТ-профилирования, (письменный или устный опрос)				
Навыки владения Построение карт и интерпретация данных в методе естественного поля; интерпретация данных ВЭЗ; интерпретация данных метода ВП; построение результатов межскважинного просвечивания (письменный или устный опрос)	Навыки владения отсутствуют	Фрагментарное владение методикой, наличие отдельных навыков	В целом сформированные навыки	Свободное владение и использование

7. Ресурсное обеспечение

Основная литература:

1. Электроразведка. Том I. Пособие для студентов геофизических специальностей. Под редакцией проф. Модина И.Н., доц. Яковлева А.Г.- М.: 2018 – 274 с.
2. Электроразведка. Том II. Малоглубинная электроразведка. Пособие для студентов геофизических специальностей. Под редакцией проф. Шевнина В.А., доц. Бобачева А.А.- М.: 2013 – 124 с.
3. Хмелевской В.К. Электроразведка. – издание 2-ое, Изд-во МГУ, 1984 г. - 422 с.
4. Матвеев Б.К. Электроразведка при поисках месторождений полезных ископаемых. Учебник для ВУЗов. - М.:Недра, 1982г. -375 с.
5. Якубовский Ю.В., Ренард И.В. Электроразведка. Учебник для ВУЗов.- 3-е издание., перераб. и доп. – М.: Недра, 1991 г. – 359 с.
6. Жданов М.С. Электроразведка. -М.: Недра, 1986. - 316 с.

Дополнительная литература:

1. Хмелевской В.К. Геофизические методы исследования земной коры. Дубна, Изд-во Международного университета природы, общества и человека. Книга 1, 1997, книга 2, 1999.
2. Колесников В.П. Основы интерпретации электрических зондирований. – М., Научный мир, 2007. - 248 с.
3. Бердичевский М.Н., Дмитриев В.И. Модели и методы магнитотеллурики. -М.: Научный мир, 2009. - 680 с.

4. Комаров В.А. Электроразведка методом вызванной поляризации. Л.: Недра, 1980. - 391 с.
5. Семенов А.С. Электроразведка методом естественного поля. – М.: Недра, 1980. -
6. Куликов А.В., Шемякин Е.А. Электроразведка фазовым методом вызванной поляризации. – М.: Недра, 1978.
7. Вешев А.В. Электропрофилирование на постоянном и переменном токе. – Л.: Недра, 1980. – 391 с.
8. Бобачев А.А., Модин И.Н. Электротомография со стандартными электроразведочными комплексами. «Разведка и охрана недр», №1 январь, 2008, - с.43-47.
9. Комаров О.И., Марченко М.Н., Модин И.Н., Семейкин Н.П. Электротомография – инновационный геофизический метод для эффективного решения инженерно-геологических задач. «Трубопроводный транспорт», №1(17) февраль, 2010, - с.33-37.
10. Бобачев А.А., Яковлев А.Г., Яковлев Д.В. Электротомография - высокоразрешающая электроразведка на постоянном токе. Инженерная геология, Сентябрь 2007, - с. 31-35.
11. Инструкция по электроразведке. – Л.: Недра, 1984. - 352 с.

8. Язык преподавания – русский.

9. Преподаватель – ответственный за курс – проф. Модин И.Н., преподаватель – проф. Модин И.Н.

10. Разработчик программы – профессор Модин Игорь Николаевич.