

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

**УТВЕРЖДАЮ**

**Декан Геологического факультета  
академик**

\_\_\_\_\_/Д.Ю.Пушаровский/

« \_\_\_\_ » \_\_\_\_\_ 20 г.

**РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ**

**Геологическая интерпретация данных электроразведки**

Автор-составитель: И.Н.Модин

**Уровень высшего образования:**

*Магистратура (ММ)*

**Направление подготовки:**

**05.04.01 Геология**

**Магистерская программа:**

**Геофизика**

Форма обучения:

*Очная*

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

Москва 20\_\_

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» в редакции приказа МГУ от 30 декабря 2016 года № 1674.

Год приема на обучение – 2019.

## Цель и задачи дисциплины

**Целью** курса "Геологическая интерпретация данных электроразведки" является освоение знаний по геологической интерпретации электроразведочных данных и обеспечить подготовку магистрантов геологии по дисциплине «Геологическая интерпретация данных электроразведки» теоретическими подходами качественной интерпретации и практическими навыками построения окончательных геологических разрезов.

**Задачи** - получение знаний о постановке и решении основных прямых задач низкочастотных электромагнитных зондирований; выработка понимания закономерностей поведения электромагнитного поля в рамках этих задач; изучение методов анализа и интерпретации электроразведочных данных, планированию и выполнению исследований при решении разнообразных геологических задач, ознакомление с основными направлениями электроразведки и технической реализацией аппаратурных разработок

**1. Место дисциплины в структуре ОПОП ВО** – вариативная часть, профессиональный цикл, дисциплина по выбору модуля «Электроразведка», курс – I, семестр – 2.

### **2. Входные требования для освоения дисциплины, предварительные условия:**

Освоение дисциплин: «Общая геология», «Структурная геология», «Геология России», «Геотектоника», «Математический анализ», «Линейная алгебра», «Дифференциальные уравнения», «Теория геофизических полей», «Геофизические методы исследования», «Электроразведка», «Некорректные задачи геофизики», «Интерпретация данных электроразведки».

### **3. Результаты обучения по дисциплине, соотнесенные с компетенциями выпускников.**

Компетенции выпускников, формируемые (полностью или частично) при реализации дисциплины:

ОПК-1 Способность самостоятельно формулировать цели работы, устанавливать последовательность решения профессиональных задач (формируется частично);

ОПК-2 Способность в процессе решения профессиональных задач самостоятельно получать, интерпретировать и обобщать результаты, разрабатывать рекомендации по их практическому использованию (формируется частично);

ОПК-3 Способность применять на практике знания фундаментальных и прикладных разделов дисциплин, определяющих профиль подготовки (формируется частично);

ОПК-4 Способность использовать современные вычислительные методы и компьютерные технологии для решения задач профессиональной деятельности (формируется частично);

ПК-1 Способность самостоятельно проводить научные исследования с помощью современного оборудования, информационных технологий, с использованием новейшего отечественного и зарубежного опыта (формируется частично);

ПК-2 Способность создавать и исследовать модели изучаемых объектов на основе использования теоретических и практических знаний в области геологии (формируется частично);

ПК-3 Способность использовать специализированные профессиональные теоретические знания и практические навыки для проведения прикладных исследований (формируется частично);

ПК-5 Способность использовать современные методы обработки и интерпретации комплексной информации для решения производственных задач (формируется частично);

СПК-1 Способность 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 (формируется частично).

### **Планируемые результаты обучения по дисциплине:**

**Знать:** области применения методов электроразведки, теоретические основы моделирования электромагнитных полей для оценки физико-геологических условий выполнения геофизических исследований; основные типы помех и искажений электроразведочных данных и их природу, методы обработки и формы представления полевых материалов, специфику обработки и интерпретации электроразведочных данных.

**Уметь:** планировать и проводить электроразведочные исследования, выполнять количественную и геологическую интерпретацию материалов разной степени сложности; уметь грамотно с геофизической точки зрения описывать полученные материалы полевых исследований и результаты интерпретации.

**Владеть:** навыками геологической интерпретации электроразведочных данных в методе вертикальных электрических зондирований, методе вызванной поляризации, методе естественного поля, в георадиолокационном зондировании с привлечением априорной геолого-геофизической информации.

**4. Формат обучения** – лекционные и семинарские занятия.

**5. Объем дисциплины** составляет 3 з.е., в том числе 52 академических часа, отведенных на контактную работу обучающихся с преподавателем (16 часов – занятия лекционного типа, 36 часов – занятия семинарского типа), 56 часов на самостоятельную работу обучающихся. Форма промежуточной аттестации- экзамен

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

#### **Краткое содержание дисциплины (аннотация):**

Геологическая интерпретация является конечной и наиболее ответственной стадией геофизических исследований. В результате геологической интерпретации должны быть построены геолого-геофизические и геологические разрезы, карты, структурные геологические схемы и выданы окончательные результаты комплексных геофизических исследований, включая результаты электрических зондирований. 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.

| Наименование и краткое содержание разделов и тем дисциплины,<br><br>Форма промежуточной аттестации по дисциплине.   | Всего (часы) | В том числе   |                            |                           |       | Самостоятельная работа обучающегося, часы |
|---|--------------|---|----------------------------|---------------------------|-------|---|
|   |              | Контактная работа (работа во взаимодействии с преподавателем)<br>Виды контактной работы, часы |                            |                           |       |   |
|   |              | Занятия лекционного типа  | Занятия лабораторного типа | Занятия семинарского типа | Всего |   |
| Раздел 1. <u>Введение</u> . Общие вопросы интерпретации электроразведочных данных                                   |              | 4   |                            | 8                         | 12    | 4<br>Собеседование                        |
| Раздел 2 Основные типы помех и искажений электроразведочных данных.   |              | 6   |                            | 14                        | 20    | 18<br>Собеседование                       |
| Раздел 3. Обработка, визуализация, решение прямой и обратной задачи, критерии правильности решения обратной задачи. |              | 6   |                            | 14                        | 20    | 20<br>Коллоквиум                          |
| Промежуточная аттестация <u>экзамен</u>   |              |   |                            |                           |       | 14  |
| <b>Итого</b>  | <b>108</b>   | <b>52</b>   |                            |                           |       | <b>56</b>                                 |

## **Содержание разделов дисциплины:**

### **Раздел 1. Введение.**

1.1. Стадии получения, обработки и интерпретации данных.

1.2. Проектирование геофизических исследований.

1.3. Общие принципы и подходы к решению обратных задач.

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

1.4. Классы решаемых задач и модели геоэлектрического разреза.

1.5. Этапы интерпретации данных.

Раздел включает информацию, необходимую для понимания лекций и самостоятельной работы в ходе курса. Рассматриваются стадии получения, обработки и интерпретации данных, разработка технического задания, оценка стоимости и времени выполнения работ, масштабы съемок, сбор априорной информации, предварительное моделирование электрических и магнитных полей, вопросы контроля качества материалов, 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, классы решаемых задач и модели геоэлектрического разреза, этапы интерпретации данных над сложно-построенными геологическими средами.

### **Раздел 2. Основные типы помех и искажений электроразведочных данных.**

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

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

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

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

2.5. 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.

2.6. Влияние анизотропии на результаты интерпретации ВЭЗ.

2.7 Ошибки неправильно выбранного класса решаемой задачи.

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

### **Раздел 3. Обработка, визуализация, решение прямой и обратной задачи, критерии правильности решения обратной задачи.**

3.1. Нормальный и логнормальный закон распределения электрических параметров поля.

3.2. Изображение данных электропрофилирования и ВЭЗ.

3.3. Трансформация  $\rho_{st}$ .

3.4. Обратное преобразование функции Дар-Заррук.

3.5. Трансформация Зожди.

3.6. Особенности программ 2D- и 3D- моделирования.

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

3.8. Пропорциональность между объемом и качеством измерений и качеством результатов интерпретации.

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

3.10. Основные принципы использования метода подбора при решении обратной задачи.

Раздел посвящен технологиям 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.

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

**Типовые контрольные задания или иные материалы для проведения текущего и промежуточного контроля успеваемости.**

**Примерный перечень контрольных вопросов** при проведении контрольных работ и 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  $\rho_{st}$ .
- (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.

#### Шкала и критерии оценивания результатов обучения по дисциплине.

| Результаты Обучения  | «Неудовлетворительно» | «Удовлетворительно»   | «Хорошо»  | «Отлично»              |
|--|-----------------------|---|---|------------------------|
| <b>Знания:</b><br>областей применения методов электроразведки, теоретические основы моделирования электромагнитных полей для оценки физико-геологических условий выполнения геофизических исследований, основных типов помех и искажений электроразведочных данных и их природу, методов обработки и форм представления полевых материалов, специфики обработки и интерпретации электроразведочных данных. | Знания отсутствуют    | Фрагментарные знания  | Общие, но не структурированные знания             | Систематические знания |
| <b>Умения:</b><br>планировать и проводить электроразведочные исследования, выполнять количественную и геологическую интерпретацию материалов разной степени сложности; уметь грамотно с геофизической точки зрения описывать полученные материалы полевых исследований и результаты интерпретации.   | Умения отсутствуют    | В целом успешное, но не систематическое умение, допускает неточности не принципиального характера | В целом успешное, но содержащее отдельные пробелы | Успешное умение        |



|  |   |  |   |  |
|--|---|--|---|--|
| <p><b>Владения:</b><br/> навыками геологической интерпретации электроразведочных данных в методе вертикальных электрических зондирований, методе вызванной поляризации, методе естественного поля, в георадиолокационном зондировании с привлечением априорной геолого-геофизической информации.</p> | <p>Навыки владения методами отсутствуют</p> | <p>Фрагментарное владение методикой, наличие отдельных навыков</p> | <p>В целом сформированные навыки использования методов.</p> | <p>Владение навыками, использование их для решения задач геологической интерпретации данных электроразведки.</p> |
|--|---|--|---|--|

## 8. Ресурсное обеспечение:

### А) Перечень основной и дополнительной литературы

#### - основная литература:

1. Хмелевской В.К. Электроразведка. – издание 2-ое, Изд-во МГУ, 1984 г. - 422с.
2. Матвеев Б.К. Электроразведка при поисках месторождений полезных ископаемых. Учебник для ВУЗов. - М.:Недра, 1982г. -375 с.
3. Якубовский Ю.В., Ренард И.В. Электроразведка. Учебник для ВУЗов.- 3-е издание., перераб. и доп. – М.: Недра, 1991 г. – 359 с.
4. 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, 1980.391с.
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.

**Б) Материально-техническое обеспечение**

- а) помещение – специализированная аудитория, рассчитанная на группу из 15 учащихся,
- б) оборудование – мультимедийный проектор, компьютер, экран,
- в) компьютерный класс с возможностью подключения Интернета.

**9. Язык преподавания** – русский.

**10. Преподаватели** – Модин И.Н., Шевнин В.А.

**11. Автор программы** – Модин И.Н.