

МИНОБРНАУКИ РОССИИ

**Федеральное государственное бюджетное образовательное
учреждение высшего образования "Пермский
государственный национальный исследовательский
университет"**

Кафедра геофизики

Авторы-составители: **Колесников Владимир Петрович
Степанов Юрий Иванович**

Рабочая программа дисциплины

ЭЛЕКТРОМАГНИТНЫЕ МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЙ

Код УМК 82229

Утверждено
Протокол №9
от «20» мая 2020 г.

Пермь, 2020

1. Наименование дисциплины

Электромагнитные методы исследований

2. Место дисциплины в структуре образовательной программы

Дисциплина входит в обязательную часть Блока « С.1 » образовательной программы по направлениям подготовки (специальностям):

Специальность: **21.05.03** Технология геологической разведки

направленность Геофизические методы поисков и разведки месторождений полезных ископаемых

3. Планируемые результаты обучения по дисциплине

В результате освоения дисциплины **Электромагнитные методы исследований** у обучающегося должны быть сформированы следующие компетенции:

21.05.03 Технология геологической разведки (направленность : Геофизические методы поисков и разведки месторождений полезных ископаемых)

ПК.3 Способен проводить математическое моделирование и исследование геофизических процессов, а также объектов специализированными геофизическими информационными системами, в том числе стандартными пакетами программ

Индикаторы

ПК.3.1 Проводит математическое моделирование геофизических процессов и объектов

4. Объем и содержание дисциплины

Направления подготовки	21.05.03 Технология геологической разведки (направленность: Геофизические методы поисков и разведки месторождений полезных ископаемых)
форма обучения	очная
№№ триместров, выделенных для изучения дисциплины	13
Объем дисциплины (з.е.)	3
Объем дисциплины (ак.час.)	108
Контактная работа с преподавателем (ак.час.), в том числе:	42
Проведение лекционных занятий	14
Проведение практических занятий, семинаров	0
Проведение лабораторных работ, занятий по иностранному языку	28
Самостоятельная работа (ак.час.)	66
Формы текущего контроля	Входное тестирование (1) Защищаемое контрольное мероприятие (2) Итоговое контрольное мероприятие (1)
Формы промежуточной аттестации	Зачет (13 триместр)

5. Аннотированное описание содержания разделов и тем дисциплины

Электромагнитные методы исследований

Основные положения теории электромагнитных полей. Применение теории электромагнитных полей при изучении методов разведочной геофизики. Физическое истолкование основных понятий и базовых уравнений данной теории. Особенности формирования и распространения электромагнитных полей в различных средах. Способы расчета и анализ параметров электромагнитного поля для ряда моделей сред, необходимые при истолковании результатов электроразведочных наблюдений.

1. Фундаментальные уравнения электродинамики, их физическая сущность. Природа электрического, магнитного и электромагнитного полей.

История создания фундаментальных основы методов электрометрии, включающих уравнения Максвелла и материальные уравнения, раскрывающие природу электрического, магнитного и электромагнитного полей. Единственность решения уравнений Максвелла. Понятие тока смещения, времени релаксации, закона сохранения заряда и физическое содержание основных электромагнитных характеристик материальной среды.

2. Петрофизические основы электрометрии

Физико-геологическое обоснование применимости электрических и электромагнитных полей при изучении геологических сред. На примере электрической модели горных пород анализ факторов, оказывающих влияние на их удельное электрическое сопротивление горных, а также величину диэлектрической и магнитной проницаемости. Однозначность определения электрических свойств по данным наблюдений электромагнитных полей.

3. Источники электромагнитных полей. Типы моделей электромагнитных полей, используемых в электроразведке. Понятие ближней и дальней зон.

Общие принципы расчета полей источников произвольных размеров и конфигурации с использованием понятий элементарного электрического и магнитного диполей. Необходимость и преимуществ метода комплексных амплитуд при решении прямых задач электрометрии. Телеграфное уравнение. Условия формирования и использования упрощенных типов моделей применительно к ряду базовых методов электрометрии. Оценка волнового числа, ближней и дальней зон в зависимости от характеристик электромагнитного поля и электрических свойств среды.

4. Принцип частотного зондирования. Оценка эффективной глубины проникновения электромагнитного поля. Понятие импеданса и кажущегося сопротивления.

Доказательство принципа частотного зондирования. Изучение зависимости эффективной глубины зондирования от частотных характеристик электромагнитного поля и электрических свойств среды.

5. Компьютерные технологии интерпретации результатов наблюдений, получаемых методами, основанными на использовании электрических и электромагнитных полей.

Изучение существующих компьютерных технологий интерпретации результатов электрического и электромагнитного зондирования профилирования. Освоение имеющихся программных комплексов и проведение лабораторных работ по интерпретации результатов полевых наблюдений при решении различного рода геологоразведочных задач.

6. Метод частотного зондирования (ЧЗ). Обработка и интерпретация результатов наблюдений, условия применения и решаемые задачи.

Физические основы метода частотного зондирования (ЧЗ) и методики выполнения полевых измерений. Обработка и интерпретация результатов наблюдений. Условия применения и виды решаемых задачи

7. Метод зондирования становлением поля (ЗСБ, МПП). Методика наблюдений, обработки и

интерпретации результатов. Условия применения и решаемые задачи.

Изучение физических основ методов становления поля в ближней зоне (ЗСБ) и метода переходных процессов (МПП), Рассмотрение методики выполнения полевых измерений этими методами. Проведение лабораторных работ по обработке и интерпретация результатов наблюдений. Изучение условия применения этих методов, их достоинств и недостатков, видов решаемых задач.

8. Метод дипольного индуктивного профилирования (ДИП). Обработка и интерпретация материалов. Условия применения и решаемые задачи.

Изучение физических основ метода дипольного индуктивного профилирования, используемой аппаратуры и методики выполнения полевых измерений. Проведение лабораторных работ по обработке и интерпретация результатов наблюдений. Изучение достоинств и недостатков метода ДИП, условия применения и видов решаемые задачи.

9. Метод радиоволнового просвечивания (РВП). Обработка и интерпретация материалов. Условия применения и решаемые задачи.

Изучение физических основ метода радиоволнового просвечивания (РВП), используемой аппаратуры и методики выполнения полевых измерений. Проведение лабораторных работ по обработке и интерпретация результатов наблюдений. Изучение достоинств и недостатков метода РВП, условий применения и видов решаемые задачи.

10. Метод георадарных исследований. Область применения и решаемые задачи.

Изучение физических основ метода георадарного зондирования, используемой аппаратуры и методики выполнения полевых измерений. Проведение лабораторных работ по обработке и интерпретация результатов наблюдений. Изучение достоинств и недостатков метода георадарного зондирования, условий применения и видов решаемые задачи.

11. Численное моделирование электрических и электромагнитных полей.

Формирование физико-геологических моделей различных геологических образований и с помощью имеющихся программных средств проведения численного моделирования с целью оценки их проявления в электрических и электромагнитных полях.

12. Метод магнитотеллурического зондирования и профилирования (МТЗ, МТП). Технология полевых измерений, обработки и интерпретации результатов наблюдений. Условия применения и решаемые задачи.

Физические основы метода магнитотеллурического зондирования (МТЗ) и профилирования (МТП). Используемая аппаратура и методики выполнения полевых измерений. Обработка и интерпретация результатов наблюдений. Достоинства и недостатки методов МТЗ и МТП, условия применения и виды решаемых задач.

6. Методические указания для обучающихся по освоению дисциплины

Освоение дисциплины требует систематического изучения всех тем в той последовательности, в какой они указаны в рабочей программе.

Основными видами учебной работы являются аудиторские занятия. Их цель - расширить базовые знания обучающихся по осваиваемой дисциплине и систему теоретических ориентиров для последующего более глубокого освоения программного материала в ходе самостоятельной работы. Обучающемуся важно помнить, что контактная работа с преподавателем эффективно помогает ему овладеть программным материалом благодаря расстановке необходимых акцентов и удержанию внимания интонационными модуляциями голоса, а также подключением аудио-визуального механизма восприятия информации.

Самостоятельная работа преследует следующие цели:

- закрепление и совершенствование теоретических знаний, полученных на лекционных занятиях;
- формирование навыков подготовки текстовой составляющей информации учебного и научного назначения для размещения в различных информационных системах;
- совершенствование навыков поиска научных публикаций и образовательных ресурсов, размещенных в сети Интернет;
- самоконтроль освоения программного материала.

Обучающемуся необходимо помнить, что результаты самостоятельной работы контролируются преподавателем во время проведения мероприятий текущего контроля и учитываются при промежуточной аттестации.

Обучающимся с ОВЗ и инвалидов предоставляется возможность выбора форм проведения мероприятий текущего контроля, альтернативных формам, предусмотренным рабочей программой дисциплины. Предусматривается возможность увеличения в пределах 1 академического часа времени, отводимого на выполнение контрольных мероприятий.

Процедура оценивания результатов обучения инвалидов и лиц с ограниченными возможностями здоровья по дисциплине предусматривает предоставление информации в формах, адаптированных к ограничениям их здоровья и восприятия информации.

При проведении текущего контроля применяются оценочные средства, обеспечивающие передачу информации, от обучающегося к преподавателю, с учетом психофизиологических особенностей здоровья обучающихся.

7. Перечень учебно-методического обеспечения для самостоятельной работы обучающихся по дисциплине

При самостоятельной работе обучающимся следует использовать:

- конспекты лекций;
- литературу из перечня основной и дополнительной учебной литературы, необходимой для освоения дисциплины (модуля);
- текст лекций на электронных носителях;
- ресурсы информационно-телекоммуникационной сети "Интернет", необходимые для освоения дисциплины;
- лицензионное и свободно распространяемое программное обеспечение из перечня информационных технологий, используемых при осуществлении образовательного процесса по дисциплине;
- методические указания для обучающихся по освоению дисциплины.

8. Перечень основной и дополнительной учебной литературы

Основная:

1. Хмелевской В. К., Костицын В. И. Основы геофизических методов: учебник для студентов вузов, обучающихся по специальности 020302 "Геофизика"/В. К. Хмелевской, В. И. Костицын.-Пермь:Изд-во Перм. гос. ун-та,2010, ISBN 978-5-7944-1428-8.-1.-Библиогр.: с. 397-399 <http://k.psu.ru/library/node/201798>
2. Колесников В. П. Электрметрия. Основы теории переменных электромагнитных полей: учебное пособие для студентов геологического факультета/В. П. Колесников.-Пермь:Пермский государственный национальный исследовательский университет,2013, ISBN 978-5-7944-2076-0.-1.-Библиогр.: с. 164-165 <http://k.psu.ru/library/node/205058>

Дополнительная:

1. Матвеев Б. К. Электроразведка: Учеб. для студентов геофиз. спец. вузов/Б. К. Матвеев.-М.:Недра,1990, ISBN 5-247-00828-6.-368.-Библиогр.: с. 362-363

9. Перечень ресурсов сети Интернет, необходимых для освоения дисциплины

<http://elibrary.ru/> Научная электронная библиотека eLIBRARY

<https://elis.psu.ru/> Цифровая библиотека ПГНИУ

<https://psu.bibliotech.ru/Account/LogOn/> Цифровая библиотека «Библиотех»

<http://library.psu.ru/node/1170> Электронно-библиотечная система IPRbooks (ЭБС IPRbooks)

10. Перечень информационных технологий, используемых при осуществлении образовательного процесса по дисциплине

Образовательный процесс по дисциплине **Электромагнитные методы исследований** предполагает использование следующего программного обеспечения и информационных справочных систем:

Образовательный процесс по данной дисциплине предполагает использование следующего программного обеспечения и информационных справочных систем:

- презентационные материалы (слайды по темам лекционных и практических занятий);

- доступ в режиме on-line в Электронную библиотечную систему (ЭБС)

- доступ в электронную информационно-образовательной среду университета.

Перечень необходимого лицензионного и (или) свободно распространяемого программного обеспечения:

1.Офисный пакет приложений;

2.Приложение, позволяющее просматривать и воспроизводить медиаконтент PDF-файлов;

3.Программы, демонстрации видео материалов (проигрыватель);

4.Офисный пакет приложений «LibreOffice».

5. Программа обработки и интерпретации результатов вертикального электрического зондирования "ЗОНД".

6. Программа для численного моделирования постоянного и переменного полей "Модель-1D"

При освоении материала и выполнения заданий по дисциплине рекомендуется использование материалов, размещенных в Личных кабинетах обучающихся ЕТИС ПГНИУ (**student.psu.ru**).

При организации дистанционной работы и проведении занятий в режиме онлайн могут использоваться:

система видеоконференцсвязи на основе платформы BigBlueButton (<https://bigbluebutton.org/>).

система LMS Moodle (<http://e-learn.psu.ru/>), которая поддерживает возможность использования текстовых материалов и презентаций, аудио- и видеоконтент, а так же тесты, проверяемые задания, задания для совместной работы.

система тестирования Indigo (<https://indigotech.ru/>).

11. Описание материально-технической базы, необходимой для осуществления образовательного процесса по дисциплине

Для проведения лекционных занятий необходима учебная аудитория, оснащенная специализированной мебелью, демонстрационным оборудованием (проектор, экран, компьютер/ноутбук) с соответствующим программным обеспечением, меловой (и) или маркерной доской.

Для проведения лабораторных занятий необходима учебная геофизическая лаборатория. Состав оборудования представлен в паспорте учебной геофизической лаборатории.

Для проведения мероприятий текущего контроля и промежуточной аттестации необходима учебная аудитория, оснащенная специализированной мебелью, демонстрационным оборудованием (проектор,

экран, компьютер/ноутбук) с соответствующим программным обеспечением, меловой (и) или маркерной доской, учебная геофизическая лаборатория. Состав оборудования представлен в паспорте учебной геофизической лаборатории.

Для самостоятельной работы используются помещения библиотеки: персональные компьютеры с доступом к локальной сети университета и доступом к интернету.

Для проведения групповых и индивидуальных консультаций необходима учебная аудитория, оснащенная специализированной мебелью, меловой (и) или маркерной доской.

Помещения научной библиотеки ПГНИУ для обеспечения самостоятельной работы обучающихся:

1. Научно-библиографический отдел, корп.1, ауд. 142. Оборудован 3 персональными компьютера с доступом к локальной и глобальной компьютерным сетям.

2. Читальный зал гуманитарной литературы, корп. 2, ауд. 418. Оборудован 7 персональными компьютерами с доступом к локальной и глобальной компьютерным сетям.

3. Читальный зал естественной литературы, корп.6, ауд. 107а. Оборудован 5 персональными компьютерами с доступом к локальной и глобальной компьютерным сетям.

4. Отдел иностранной литературы, корп.2 ауд. 207. Оборудован 1 персональным компьютером с доступом к локальной и глобальной компьютерным сетям.

5. Библиотека юридического факультета, корп.9, ауд. 4. Оборудована 11 персональными компьютерами с доступом к локальной и глобальной компьютерным сетям.

6. Читальный зал географического факультета, корп.8, ауд. 419. Оборудован 6 персональными компьютерами с доступом к локальной и глобальной компьютерным сетям.

Все компьютеры, установленные в помещениях научной библиотеки, оснащены следующим программным обеспечением:

Операционная система ALT Linux;

Офисный пакет Libreoffice.

Справочно-правовая система «КонсультантПлюс»

**Фонды оценочных средств для аттестации по дисциплине
Электромагнитные методы исследований**

**Планируемые результаты обучения по дисциплине для формирования компетенции.
Индикаторы и критерии их оценивания**

ПК.3

Способен проводить математическое моделирование и исследование геофизических процессов, а также объектов специализированными геофизическими информационными системами, в том числе стандартными пакетами программ

Компетенция (индикатор)	Планируемые результаты обучения	Критерии оценивания результатов обучения
<p>ПК.3.1 Проводит математическое моделирование геофизических процессов и объектов</p>	<p>Знать основы математического моделирования геофизических процессов и объектов. Уметь использовать теоретические знания при формировании геоэлектрической модели среды в целях оценки информативности решения геологических задач на основе численного моделирования. Уметь решать геолого-геофизические задачи. Владеть навыками выполнения математического моделирования геофизических процессов и объектов, а так же навыками выполнения исследовательских работ с имеющимся специализированным программным обеспечением.</p>	<p align="center">Неудовлетворител</p> <p>Отсутствие теоретических и практических знаний по вопросам моделирования геофизических процессов и объектов. Не умеет использовать теоретические знания при формировании геоэлектрической модели среды в целях оценки информативности решения геологических задач на основе численного моделирования. Не умеет решать геолого-геофизические задачи. Не владеет навыками выполнения математического моделирования геофизических процессов и объектов, а так же навыками выполнения исследовательских работ с имеющимся специализированным программным обеспечением (МОДЕЛЬ-1D).</p> <p align="center">Удовлетворительн</p> <p>Владеет теоретическими и практическими знаниями по вопросам моделирования геофизических процессов и объектов. Не достаточно хорошо умеет использовать теоретические знания при формировании геоэлектрической модели среды в целях оценки информативности решения геологических задач на основе численного моделирования. Не достаточно хорошо умеет решать геолого-геофизические задачи. Не достаточно хорошо владеет навыками выполнения математического моделирования геофизических процессов и объектов, а так же навыками выполнения исследовательских работ с имеющимся специализированным программным обеспечением (МОДЕЛЬ-1D).</p> <p align="center">Хорошо</p>

Компетенция (индикатор)	Планируемые результаты обучения	Критерии оценивания результатов обучения
		<p style="text-align: center;">Хорошо</p> <p>Присутствуют хорошие теоретические и практические знания по вопросам моделирования геофизических процессов и объектов. Хорошо умеет использовать теоретические знания при формировании геоэлектрической модели среды в целях оценки информативности решения геологических задач на основе численного моделирования. Хорошо умеет решать геолого-геофизические задачи. Хорошо владеет навыками выполнения математического моделирования геофизических процессов и объектов, а также навыками выполнения исследовательских работ с имеющимся специализированным программным обеспечением (МОДЕЛЬ-1D).</p> <p style="text-align: center;">Отлично</p> <p>Присутствуют отличные теоретические и практические знания по вопросам моделирования геофизических процессов и объектов. Отлично умеет использовать теоретические знания при формировании геоэлектрической модели среды в целях оценки информативности решения геологических задач на основе численного моделирования. Отлично умеет решать геолого-геофизические задачи. Отлично владеет навыками выполнения математического моделирования геофизических процессов и объектов, а также навыками выполнения исследовательских работ с имеющимся специализированным программным обеспечением (МОДЕЛЬ-1D).</p>

Оценочные средства текущего контроля и промежуточной аттестации

Схема доставки : Базовая

Вид мероприятия промежуточной аттестации : Зачет

Способ проведения мероприятия промежуточной аттестации : Оценка по дисциплине в рамках промежуточной аттестации определяется на основе баллов, набранных обучающимся на контрольных мероприятиях, проводимых в течение учебного периода.

Максимальное количество баллов : 100

Конвертация баллов в отметки

«отлично» - от 81 до 100

«хорошо» - от 61 до 80

«удовлетворительно» - от 47 до 60

«неудовлетворительно» / «незачтено» менее 47 балла

Компетенция (индикатор)	Мероприятие текущего контроля	Контролируемые элементы результатов обучения
Входной контроль	Электромагнитные методы исследований Входное тестирование	Проверка знаний категорийно-понятийного аппарата смежных дисциплин: физика, электроразведка, математика, петрофизика
ПК.3.1 Проводит математическое моделирование геофизических процессов и объектов	3. Источники электромагнитных полей. Типы моделей электромагнитных полей, используемых в электроразведке. Понятие ближней и дальней зон. Защищаемое контрольное мероприятие	ЗНАТЬ способы возбуждения и регистрации электрических и электромагнитных полей; суть и назначение метода комплексных амплитуд. УМЕТЬ осуществлять физико-геологический анализ результатов электромагнитных свойств среды. ВЛАДЕТЬ навыками использования основных уравнений теории поля при проведении численного анализа электромагнитных полей.

Компетенция (индикатор)	Мероприятие текущего контроля	Контролируемые элементы результатов обучения
ПК.3.1 Проводит математическое моделирование геофизических процессов и объектов	4. Принцип частотного зондирования. Оценка эффективной глубины проникновения электромагнитного поля. Понятие импеданса и кажущегося сопротивления. Защищаемое контрольное мероприятие	ЗНАТЬ базовые основы прямых задач электрометрии, принципы частотного зондирования. УМЕТЬ выполнять истолкование результатов электрометрических наблюдений различными методами. ВЛАДЕТЬ способом оценки эффективной глубины зондирования для различных геологических условий при использовании электромагнитного полей различных частот.
ПК.3.1 Проводит математическое моделирование геофизических процессов и объектов	12. Метод магнитотеллурического зондирования и профилирования (МТЗ, МТП). Технология полевых измерений, обработки и интерпретации результатов наблюдений. Условия применения и решаемые задачи. Итоговое контрольное мероприятие	ЗНАТЬ суть и методику методов МТЗ, МТП, условия их применения и решаемые задачи. УМЕТЬ выполнять обработку и интерпретацию результатов полевых наблюдений. ВЛАДЕТЬ компьютерными средствами для численного моделирования электромагнитных полей.

Спецификация мероприятий текущего контроля

Электромагнитные методы исследований

Продолжительность проведения мероприятия промежуточной аттестации: **.5 часа**

Условия проведения мероприятия: **в часы аудиторной работы**

Максимальный балл, выставляемый за мероприятие промежуточной аттестации: **0**

Проходной балл: **0**

Показатели оценивания	Баллы
Знание основ электроразведки	3
Знание основ петрофизики	3
Знание основ физики	2
Знание основ математики	2

3. Источники электромагнитных полей. Типы моделей электромагнитных полей, используемых в электроразведке. Понятие ближней и дальней зон.

Продолжительность проведения мероприятия промежуточной аттестации: **1 часа**

Условия проведения мероприятия: **в часы аудиторной работы**

Максимальный балл, выставяемый за мероприятие промежуточной аттестации: **30**

Проходной балл: **15**

Показатели оценивания	Баллы
Знает суть и назначение метода комплексных амплитуд.	8
Умеет осуществлять физико-геологический анализ результатов электромагнитных свойств среды.	8
Знает способы возбуждения и регистрации электрических и электромагнитных полей	7
Владеет навыками использования основных уравнений теории поля при проведении численного анализа электромагнитных полей.	7

4. Принцип частотного зондирования. Оценка эффективной глубины проникновения электромагнитного поля. Понятие импеданса и кажущегося сопротивления.

Продолжительность проведения мероприятия промежуточной аттестации: **1 часа**

Условия проведения мероприятия: **в часы аудиторной работы**

Максимальный балл, выставяемый за мероприятие промежуточной аттестации: **30**

Проходной балл: **15**

Показатели оценивания	Баллы
Знает принципы частотного зондирования.	8
Умеет выполнять истолкование результатов электрометрических наблюдений различными методами.	8
Владеет способом оценки эффективной глубины зондирования для различных геологических условий при использовании электромагнитного полей различных частот.	7
Знает базовые основы прямых задач электрометрии.	7

12. Метод магнитотеллурического зондирования и профилирования (МТЗ, МТП).

Технология полевых измерений, обработки и интерпретации результатов наблюдений.

Условия применения и решаемые задачи.

Продолжительность проведения мероприятия промежуточной аттестации: **1 часа**

Условия проведения мероприятия: **в часы аудиторной работы**

Максимальный балл, выставяемый за мероприятие промежуточной аттестации: **40**

Проходной балл: **17**

Показатели оценивания	Баллы
Умеет выполнять обработку и интерпретацию результатов полевых наблюдений.	13
Владеет компьютерными средствами для численного моделирования электромагнитных полей.	10
Знает условия применения методов МТЗ и МТП, решаемые задачи.	10
Знает суть и методику методов МТЗ, МТП.	7