

МИНОБРНАУКИ РОССИИ

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

Кафедра геофизики

Авторы-составители: **Колесников Владимир Петрович
Плешков Лев Дмитриевич
Степанов Юрий Иванович**

Рабочая программа дисциплины
ИНЖЕНЕРНАЯ ЭЛЕКТРОМЕТРИЯ
Код УМК 82228

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

Пермь, 2020

1. Наименование дисциплины

Инженерная электрометрия

2. Место дисциплины в структуре образовательной программы

Дисциплина входит в вариативную 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 **Инженерная электрометрия** у обучающегося должны быть сформированы следующие компетенции:

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

ОПК.9 Способен применять навыки анализа горногеологических условий при поисках, оценке, разведке и добыче полезных ископаемых, а также при гражданском строительстве

Индикаторы

ОПК.9.2 Анализирует горногеологические условия при поисках, оценке, разведке и добыче полезных ископаемых, а также при гражданском строительстве

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	10
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 (10 триместр)

5. Аннотированное описание содержания разделов и тем дисциплины

Инженерная электрометрия, введение

Теория электромагнитных полей. Применение теории электромагнитных полей при изучении методов прикладной геофизики. Физическое истолкование основных понятий и базовые уравнения теории электромагнитных полей. Особенности формирования и распространения электромагнитных полей в различных средах. Способы расчета и анализ параметров электромагнитного поля для ряда моделей сред.

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

История создания фундаментальные основы методов электрометрии. Уравнения Максвелла. Материальные уравнения, раскрывающие природу электрического, магнитного и электромагнитного полей. Единственность решения уравнений Максвелла. Ток смещения. Время релаксации. Закон сохранения заряда. Физическое содержание основных электромагнитных характеристик материальной среды.

2. Петрофизические основы электрометрии

Применимость электрических и электромагнитных полей при изучении геологических сред. Факторы, оказывающие влияние на удельное электрическое сопротивление, величину диэлектрической и магнитной проницаемости горных пород. Однозначность определения электрических свойств по данным наблюдений электромагнитных полей.

3. Телеграфное уравнение. Типы моделей электромагнитных полей, используемых в электроразведке.

Телеграфное уравнение, раскрывающее структуру электромагнитного поля, включая стационарную, квазистационарную и волновую составляющие. Условия формирования и использования упрощенных типов моделей применительно к ряду базовых методов электрометрии. Уравнение Гельмгольца и общий вид его решения. Ближняя зона. Дальняя зона.

4. Методы электрометрии, основанные на использовании квазистационарных и переменных электромагнитных полей, используемые при решении инженерно-геологических задач, их физические основы и методики выполнения работ.

Принцип электрического и электромагнитного зондирования геологической среды. Эффективная глубина зондирования. Методики наблюдения и функциональные возможности методов электрометрии, основанные на использовании различного вида естественных и искусственно создаваемых электрических и электромагнитных полей.

5. Методы электротомографии, используемые при решении инженерно-геологических задач, методика наблюдений и способы интерпретации.

Электротомография при электрическом зондировании геологической среды. Принципы повышения производительности и экономической эффективности выполнения работ. Аппаратурное, методическое и программное обеспечение выполнения работ методом электротомографии.

6. Основы георадарных методов изучения строения и физического состояния геологической среды и строительных конструкций. Современная георадиолокация. Инженерно-геологические задачи, решаемые с помощью георадарных методов исследования.

Метод георадарного зондирования (ГЗ). Аппаратура и методика выполнения полевых измерений методом ГЗ. Волновое уравнение. Скорость распространения электромагнитных волн в геологической среде. Выделение геоэлектрических границ и локальных тел, с помощью принципа отраженных волн и дифракционных эффектов. Достоинства и недостатки метода ГЗ. Условия применения метода ГЗ. Виды

решаемых задач методом ГЗ.

7. Методы мониторингового электрметрического контроля с целью выявления потенциально опасных зон и прогноза возможных негативных процессов на этапе проектирования и эксплуатации строительных объектов.

Способы и технология мониторингового контроля физического состояния геологической среды в условиях соляного месторождения в целях прогноза возможных провальных явлений.

8. Применение комплексных электроразведочных наблюдений в целях повышения информативности и достоверности получаемых результатов.

Возможность исследования горных пород и техногенных сооружений с использованием комплекса, включающего набор традиционных и нетрадиционных геофизических методов: инженерной сейсморазведки, электроразведки, георадиолокационного зондирования, съемки техногенного электромагнитного поля и тепловизионной съемки. Примеры использования комплексных электроразведочных наблюдений.

9. Компьютерная интерпретация результатов электрметрии.

Компьютерные технологии интерпретации результатов электрического и электромагнитного зондирования профилирования. Имеющиеся программные комплексы для интерпретации результатов полевых наблюдений при решении различного рода геологоразведочных задач.

10. Построение ФГМ, инженерно-геологических и экологических объектов. Численное моделирование электрических и электромагнитных полей.

Физико-геологические модели различных геологических образований. Численное моделирование с целью оценки их проявления геологических образований в электрических и электромагнитных полях.

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»

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

Образовательный процесс по дисциплине **Инженерная электрометрия** предполагает использование следующего программного обеспечения и информационных справочных систем:

Презентационные материалы (слайды по темам лекционных и практических занятий);

Доступ в режиме онлайн в электронную библиотечную систему (ЭБС);

Доступ в электронную информационную образовательную среду университета;

Интернет-сервисы и электронные ресурсы;

Офисный пакет приложений (текстовый редактор, программа для подготовки и просмотра презентаций);

Программа демонстрации видеоматериалов (проигрыватель);

Приложение, позволяющее просматривать и воспроизводить медиаконтент PDF.

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
Инженерная электрометрия**

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

ОПК.9

Способен применять навыки анализа горногеологических условий при поисках, оценке, разведке и добыче полезных ископаемых, а также при гражданском строительстве

Компетенция (индикатор)	Планируемые результаты обучения	Критерии оценивания результатов обучения
<p>ОПК.9.2 Анализирует горногеологические условия при поисках, оценке, разведке и добыче полезных ископаемых, а также при гражданском строительстве</p>	<p>Знать особенности проведения пространственных полевых электрометрических исследований при поисках, оценке и добыче полезных ископаемых, а так же при гражданском строительстве. Уметь анализировать горно-геологические условия залегания пород для участка исследования. Владеть знаниями, позволяющими изучать в полевых и лабораторных условиях горно-геологические, структурные и стратиграфические особенности пространственных объектов.</p>	<p align="center">Неудовлетворител</p> <p>Не знает особенности проведения пространственных полевых электрометрических исследований при поисках, оценке и добыче полезных ископаемых, а так же при гражданском строительстве. Не умеет анализировать горно-геологические условия залегания пород для участка исследования. Не владеет знаниями, позволяющими изучать в полевых и лабораторных условиях горно-геологические, структурные и стратиграфические особенности пространственных объектов.</p> <p align="center">Удовлетворительн</p> <p>Не достаточно хорошо знает особенности проведения пространственных полевых электрометрических исследований при поисках, оценке и добыче полезных ископаемых, а так же при гражданском строительстве. Не достаточно хорошо умеет анализировать горно-геологические условия залегания пород для участка исследования. Не достаточно хорошо владеет знаниями, позволяющими изучать в полевых и лабораторных условиях горно-геологические, структурные и стратиграфические особенности пространственных объектов.</p> <p align="center">Хорошо</p> <p>Хорошо знает особенности проведения пространственных полевых электрометрических исследований при поисках, оценке и добыче полезных ископаемых, а так же при гражданском строительстве. Хорошо умеет анализировать</p>

Компетенция (индикатор)	Планируемые результаты обучения	Критерии оценивания результатов обучения
		<p style="text-align: center;">Хорошо</p> <p>горно-геологические условия залегания пород для участка исследования. Хорошо владеет знаниями, позволяющими изучать в полевых и лабораторных условиях горно-геологические, структурные и стратиграфические особенности пространственных объектов.</p> <p style="text-align: center;">Отлично</p> <p>Отлично знает особенности проведения пространственных полевых электрометрических исследований при поисках, оценке и добыче полезных ископаемых, а так же при гражданском строительстве. Отлично умеет анализировать горно-геологические условия залегания пород для участка исследования. Отлично владеет знаниями, позволяющими изучать в полевых и лабораторных условиях горно-геологические, структурные и стратиграфические особенности пространственных объектов.</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 50 до 60

«неудовлетворительно» / «незачтено» менее 50 балла

Компетенция (индикатор)	Мероприятие текущего контроля	Контролируемые элементы результатов обучения
Входной контроль	1. Фундаментальные уравнения электродинамики, их физическая сущность. Природа электрического и магнитного полей. Входное тестирование	Проверка знаний основ физики, электроразведки, математики.
ОПК.9.2 Анализирует горногеологические условия при поисках, оценке, разведке и добыче полезных ископаемых, а также при гражданском строительстве	2. Петрофизические основы электрометрии Защищаемое контрольное мероприятие	ЗНАТЬ основы электромагнитных свойств пород и их физический смысл и факторы, оказывающие на их влияние. УМЕТЬ обоснованно оценивать физико-механические свойства изучаемых пород. ВЛАДЕТЬ способами оценки физико-механические свойства пород по данным электрометрии.

Компетенция (индикатор)	Мероприятие текущего контроля	Контролируемые элементы результатов обучения
ОПК.9.2 Анализирует горногеологические условия при поисках, оценке, разведке и добыче полезных ископаемых, а также при гражданском строительстве	4. Методы электрометрии, основанные на использовании квазистационарных и переменных электромагнитных полей, используемые при решении инженерно-геологических задач, их физические основы и методики выполнения работ. Защищаемое контрольное мероприятие	Знать функциональные возможности методов электрометрии. Знать физические основы методов электрометрии. Владеть методиками выполнения электроразведочных наблюдений и анализом параметрических зондирований. Уметь осуществлять выбор рационального комплекса методов для решения различного рода инженерно-геологических задач.
ОПК.9.2 Анализирует горногеологические условия при поисках, оценке, разведке и добыче полезных ископаемых, а также при гражданском строительстве	10. Построение ФГМ, инженерно-геологических и экологических объектов. Численное моделирование электрических и электромагнитных полей. Итоговое контрольное мероприятие	ЗНАТЬ существующие способы численного моделирования электрических и электромагнитных полей, принципы формирования физико-геологической модели. УМЕТЬ осуществлять оценку информационных возможностей метода для заданной физико-геологической модели среды. ВЛАДЕТЬ программным обеспечением для моделирования электрических и электромагнитных полей.

Спецификация мероприятий текущего контроля

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

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	5
Знание основ физики	2.5
Знание основ математики	2.5

2. Петрофизические основы электрометрии

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

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

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

Проходной балл: **15**

Показатели оценивания	Баллы
Знает факторы, оказывающие на их влияние на электромагнитные свойства пород.	8
Умеет обоснованно оценивать физико-механические свойства изучаемых пород.	8
Владеет способами оценки физико-механические свойства пород по данным электрометрии.	7
Знает основы электромагнитных свойств пород и их физический смысл.	7

4. Методы электрометрии, основанные на использовании квазистационарных и переменных электромагнитных полей, используемые при решении инженерно-геологических задач, их физические основы и методики выполнения работ.

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

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

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

Проходной балл: **15**

Показатели оценивания	Баллы
Знает функциональные возможности методов электрометрии.	8
Умеет осуществлять выбор рационального комплекса методов для решения различного рода инженерно-геологических задач.	8
Владеет методиками выполнения электроразведочных наблюдений и анализом параметрических зондирований.	7
ЗНАТЬ физические основы методов электрометрии.	7

10. Построение ФГМ, инженерно-геологических и экологических объектов. Численное моделирование электрических и электромагнитных полей.

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

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

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

Проходной балл: **20**

Показатели оценивания	Баллы
ЗНАТЬ существующие способы численного моделирования электрических и электромагнитных полей.	10
ВЛАДЕТЬ программным обеспечением для моделирования электрических и электромагнитных полей.	10
УМЕТЬ осуществлять оценку информационных возможностей метода для заданной физико-геологической модели среды.	10
ЗНАТЬ принципы формирования физико-геологической модели.	10