

**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 « Б.1 » образовательной программы по направлениям подготовки (специальностям):

Направление: **05.03.01** Геология  
направленность Геофизика

### **3. Планируемые результаты обучения по дисциплине**

В результате освоения дисциплины **Инженерная электрометрия** у обучающегося должны быть сформированы следующие компетенции:

**05.03.01** Геология (направленность : Геофизика)

**ПК.10** осознавать важность соблюдения техники безопасности при проведении геологоразведочных работ, участвует в контроле за соблюдением техники безопасности

**ПК.9** способность к профессиональной эксплуатации современного полевого и лабораторного оборудования

#### 4. Объем и содержание дисциплины

<b>Направления подготовки</b>	05.03.01 Геология (направленность: Геофизика)
<b>форма обучения</b>	очная
<b>№№ триместров, выделенных для изучения дисциплины</b>	11
<b>Объем дисциплины (з.е.)</b>	3
<b>Объем дисциплины (ак.час.)</b>	108
<b>Контактная работа с преподавателем (ак.час.), в том числе:</b>	42
<b>Проведение лекционных занятий</b>	14
<b>Проведение практических занятий, семинаров</b>	0
<b>Проведение лабораторных работ, занятий по иностранному языку</b>	28
<b>Самостоятельная работа (ак.час.)</b>	66
<b>Формы текущего контроля</b>	Входное тестирование (1) Защищаемое контрольное мероприятие (2) Итоговое контрольное мероприятие (1)
<b>Формы промежуточной аттестации</b>	Зачет (11 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 глубины 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 недостатков метода ГЗ. Условия применения метода ГЗ. Виды

решаемых задач методом ГЗ.

**7. Методы мониторингового электрометрического 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 электрометрии.**

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 электротехника** 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](http://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 компьютерами 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 и  
критерии их оценивания**

<b>Компетенция</b>	<b>Планируемые результаты обучения</b>	<b>Критерии оценивания результатов обучения</b>
<p><b>ПК.10</b> осознавать важность соблюдения техники безопасности при проведении геологоразведочных работ, участвует в контроле за соблюдением техники безопасности</p>	<p>Знать правила техники безопасности при проведении геологоразведочных работ. Уметь контролировать технику безопасности на производстве и нести ответственность за нарушение правил безопасности. Владеть основными правилами обустройства полевых баз, общими требованиями к оборудованию, аппаратуре и инструментах, используемых при проведении геологоразведочных работ.</p>	<p align="center"><b>Неудовлетворител</b> Отсутствие знаний, умений и навыков необходимых для формирования компетенции.</p> <p align="center"><b>Удовлетворительн</b> Общие, но не структурированные знания правил техники безопасности при проведении геофизических работ, на основе которых сформированы неполное осознание важности, частичное умение и неуверенное владение навыками применения и участия в контроле за ее соблюдением при проведении геологоразведочных работ.</p> <p align="center"><b>Хорошо</b> Сформированные, но содержащие отдельные пробелы знания правил техники безопасности при проведении геофизических работ, на основе которых сформированы осознание важности, умение и владение навыками применения и участия в контроле за ее соблюдением при проведении геологоразведочных работ.</p> <p align="center"><b>Отлично</b> Систематические знания правил техники безопасности при проведении геофизических работ, на основе которых сформированы полное осознание важности, умение и уверенное владение навыками применения и участия в контроле за ее соблюдением при проведении геологоразведочных работ.</p>
<p><b>ПК.9</b> способность к профессиональной эксплуатации современного полевого и лабораторного оборудования</p>	<p>Знать методику полевых работ. Уметь профессионально работать на современном полевом и лабораторном оборудовании. Владеть приемами обработки полевого материала.</p>	<p align="center"><b>Неудовлетворител</b> Не знает методику полевых работ. Не умеет профессионально работать на современном полевом и лабораторном оборудовании. Не владеет приемами обработки полевого материала.</p> <p align="center"><b>Удовлетворительн</b></p>

<b>Компетенция</b>	<b>Планируемые результаты обучения</b>	<b>Критерии оценивания результатов обучения</b>
		<p style="text-align: center;"><b>Удовлетворительн</b></p> <p>Знает методику полевых работ. Умеет профессионально работать на современном полевом и лабораторном оборудовании. Не владеет приемами обработки полевого материала.</p> <p style="text-align: center;"><b>Хорошо</b></p> <p>Знает методику полевых работ. Умеет профессионально работать на полевом и лабораторном оборудовании. Недостаточно владеет приемами обработки полевого материала.</p> <p style="text-align: center;"><b>Отлично</b></p> <p>Знает методику полевых работ. Умеет профессионально работать на современном полевом и лабораторном оборудовании. Владеет приемами обработки полевого материала.</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	Мероприятие текущего контроля	Контролируемые элементы результатов обучения
<b>Входной контроль</b>	1. Фундаментальные уравнения электродинамики, их физическая сущность. Природа электрического и магнитного полей. <b>Входное тестирование</b>	Проверка знаний основ физики, электроразведки, математики.
<b>ПК.9</b> способность к профессиональной эксплуатации современного полевого и лабораторного оборудования	2. Петрофизические основы электрометрии <b>Защищаемое контрольное мероприятие</b>	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	Мероприятие текущего контроля	Контролируемые элементы результатов обучения
<p><b>ПК.9</b> способность к профессиональной эксплуатации современного полевого и лабораторного оборудования</p> <p><b>ПК.10</b> осознавать важность соблюдения техники безопасности при проведении геологоразведочных работ, участвует в контроле за соблюдением техники безопасности</p>	<p>4. Методы электрометрии, основанные на использовании квазистационарных и переменных электромагнитных полей, используемые при решении инженерно-геологических задач, их физические основы и методики выполнения работ.</p> <p><b>Защищаемое контрольное мероприятие</b></p>	<p>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.</p>
<p><b>ПК.10</b> осознавать важность соблюдения техники безопасности при проведении геологоразведочных работ, участвует в контроле за соблюдением техники безопасности</p>	<p>10. Построение ФГМ, инженерно-геологических и экологических объектов. Численное моделирование электрических и электромагнитных полей.</p> <p><b>Итоговое контрольное мероприятие</b></p>	<p>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.</p>

### 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**

<b>Показатели оценивания</b>	<b>Баллы</b>
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**

<b>Показатели оценивания</b>	<b>Баллы</b>
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**

<b>Показатели оценивания</b>	<b>Баллы</b>
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