

МИНОБРНАУКИ РОССИИ
ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ
ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
«ВОРОНЕЖСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»
(ФГБОУ ВО «ВГУ»)

УТВЕРЖДАЮ

Заведующий кафедрой Геофизики



В. Н. Глазнев

04.06.2020 г.

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ

Б1.В.ДВ.09.01 Индуктивная электроразведка

1. Шифр и наименование направления подготовки/специальности:
05.03.01 Геология
2. Профиль подготовки/специализации: Геофизика
3. Квалификация (степень) выпускника: бакалавр
4. Форма образования: очная
5. Кафедра, отвечающая за реализацию дисциплины: геофизики
6. Составители программы: Груздев Владислав Николаевич к.ф.-м.н., доцент
7. Рекомендована: научно-методическим советом геологического факультета,
протокол № 6 от 04.06.2020 г.
8. Учебный год: 2021 Семестр: 7

9. Цели и задачи учебной дисциплины: Целью преподавания дисциплины «Индуктивная электроразведка» является подготовка бакалавров – геофизиков, владеющих знанием теории переменных и нестационарных электромагнитных полей, используемых в разведочной геофизике.

Задачами преподавания дисциплины являются:

- освоение обучаемыми физико-математических принципов работы современной электроразведочной аппаратуры, предназначенной для работы с переменными электромагнитными полями;
- формирование у обучаемых представлений о методике и технике выполнения полевых работ;
- приобретение обучаемыми навыков интерпретации полевых материалов.

10. Место учебной дисциплины в структуре ООП: блок Б1, вариативная часть, дисциплина по выбору.

Требование к входным знаниям: базовые знания, умения и навыки по дисциплинам Математика, Физика, Математическая статистика в геофизике, Методы компьютерной статистики в геофизике, Численные методы в геофизике, Методы компьютерной математики в геофизике, Дифференциальные уравнения в геофизике, Методы математической физики в геофизике, Геофизическая аппаратура, Интегральные преобразования в геофизике, Спектральный анализ в геофизике, Электроразведка, Линейные обратные задачи в геофизике, Методы линейной алгебры в геофизике, Теория поля, Петрофизика.

Дисциплины, для которых данная дисциплина является предшествующей: Основы обработки геофизических данных, Методы обработки данных геофизики, Методы решения обратных задач геофизики, Прямые и обратные задачи геофизики, Комплексирование геофизических методов, Геолого-геофизические модели.

11. Планируемые результаты обучения по дисциплине/модулю (знания, умения, навыки), соотнесенные с планируемыми результатами освоения образовательной программы (компетенциями выпускников):

Компетенция		Планируемые результаты обучения
Код	Название	
ПК-2	Способность самостоятельно получать геологическую информацию, использовать в научно-исследовательской деятельности навыки полевых и лабораторных геологических исследований (в соответствии с направленностью (профилем) подготовки)	Знать: теоретические основы индуктивной электроразведки на переменном токе, физико-математическую теорию, роль индуктивной электроразведки при решении геологических задач. Уметь: пользоваться современной электроразведочной аппаратурой, методами и технологиями измерения переменных электрического и магнитного поля. Владеть: методикой и техникой выполнения полевых работ, способами интерпретации материалов полевых наблюдений индуктивной электроразведки на переменном токе.
ПК-5	Готовность к работе на современных полевых и лабораторных геологических, геофизических, геохимических приборах, установках и оборудовании (в соответствии с направленностью (профилем) программы бакалавриата)	Знать: физико-математическую теорию электроразведки на постоянном и переменном токе, принципы работы современной электроразведочной аппаратуры. Уметь: анализировать полевой материал по индуктивным методам электроразведки как на качественном уровне, так и при получении количественных данных о параметрах изучаемого разреза. Владеть: методикой и техникой использования современных программных технологий на компьютерах при решения конкретных геологических задач, стоящих перед индуктивными методами электроразведки.

12. Объем дисциплины в зачетных единицах/час (в соответствии с учебным планом) — 2/72.

Форма промежуточной аттестации (зачет/экзамен): зачёт.

13. Виды учебной работы

Вид учебной работы	Трудоемкость			
	Всего	По семестрам		
		7	№ семестра	...
Аудиторные занятия	48	48		
в том числе:				
лекции	16	16		
практические	16	16		
лабораторные	16	16		
Самостоятельная работа	24	24		
Форма промежуточной аттестации (зачет – 0 час. / экзамен – 36 час.)	0	0		
Итого:	72	72		

13.1. Содержание дисциплины

п/п	Наименование раздела дисциплины	Содержание раздела дисциплины
1. Лекции		
1.1	Общие сведения об индуктивных методах	Преимущества и недостатки по сравнению с методами постоянного тока. Математические операции и символы, применяемые при решении задач о нормальных полях. Физические основы электромагнитных полей. Уравнения Максвелла и их физический смысл. Волновое уравнение, волновое число, его физический и геологический смысл.
1.2	Метод незаземленной петли (НП)	Задачи метода, методические особенности. Нормальное поле круговой петли, низкочастотного вертикального магнитного диполя. Круговой цилиндр в поперечном магнитном поле. Параметр аномалии, определение его по частотным характеристикам. Решение обратной задачи метода НП. Характерные графики вертикальной и горизонтальной составляющих над различными рудными объектами.
1.3	Метод длинного кабеля (ДК)	Особенности метода и задачи, решаемые им. Нормальное поле бесконечного длинного кабеля и кабеля конечной длины. Изображение результатов наблюдений в виде эффективных сопротивлений. Определение проводимости при измерении эллипса поляризации и сдвига фаз по методике скрещенных рамок. Интерпретация материалов метода ДК. Область применения метода ДК.
1.4	Метод переходных процессов (МПП)	Основные положения метода, его достоинства. Вторичное поле переходных процессов над проводящим шаром, цилиндром и пластом. Определение элементов залегания неоднородностей и временной характеристики поля. Палеточные способы интерпретации материалов МПП. Примеры применения МПП и геологического истолкования результатов.
1.5	Метод дипольного электромагнитного профилирования (ДЭМП)	Особенности метода и решаемые им задачи. Влияние разносов на аномалии магнитного типа. Интерпретация аномалии от проводников различной формы. Определение параметров аномалии и проводимости рудных объектов. Влияние рельефа на характер аномального поля. Область применения.
1.6	Аэроэлектроразведка.	Методы аэроэлектроразведки. Метод вращающегося магнитного поля. Физические основы метода. Аномалии поля над проводящими сферическим, цилиндрическим и тонким вертикальным пластами. Интерпретация материалов – определение глубины залегания, размеров, параметра аномалии и проводимости рудных объектов. Метод бесконечного длинного кабеля - особенности метода, обработка интерпретация материалов.
2. Практические занятия		
2.1	Метод незаземленной петли (НП).	Нормальное поле круговой петли, низкочастотного вертикального магнитного диполя. Круговой цилиндр в поперечном магнитном поле
2.2	Метод длинного кабеля (ДК).	Нормальное поле бесконечного длинного кабеля и кабеля конеч-

		ной длины.
2.3	Метод переходных процессов (МПП).	Вторичное поле переходных процессов над проводящим шаром, цилиндром и пластом. Определение элементов залегания неоднородностей и временной характеристики поля.
2.4	Метод дипольного электромагнитного профилирования (ДЭМП).	Особенности метода и решаемые им задачи. Влияние разносов на аномалии магнитного типа.
2.5	Аэроэлектроразведка.	Метод вращающегося магнитного поля. Физические основы метода. Аномалии поля над проводящими сферическим, цилиндрическим и тонким вертикальным пластами.
3. Лабораторные работы		
3.1	Метод незаземленной петли (НП).	Решение обратной задачи метода НП. Характерные графики вертикальной и горизонтальной составляющих над различными рудными объектами.
3.2	Метод длинного кабеля (ДК).	Определение проводимости при измерении эллипса поляризации и сдвига фаз по методике скрещенных рамок. Интерпретация материалов метода ДК.
3.3	Метод переходных процессов (МПП).	Палеточные способы интерпретации материалов МПП. Примеры применения МПП и геологического истолкования результатов
3.4	Метод дипольного электромагнитного профилирования (ДЭМП).	Интерпретация аномалии от проводников различной формы. Определение параметров аномалии и проводимости рудных объектов. Влияние рельефа на характер аномального поля.
3.5	Аэроэлектроразведка.	Интерпретация материалов –определение глубины залегания, размеров, параметра аномалии и проводимости рудных объектов.

13.2. Темы (разделы) дисциплины и виды занятий

№ п/п	Наименование темы (раздела) дисциплины	Виды занятий (часов)					Всего
		Лекции	Практические	Лабораторные	Самостоятельная работа	Контроль	
1	Общие сведения об индуктивных методах	-	-	-	2	-	2
2	Метод незаземленной петли (НП)	2	2	2	4	-	10
3	Метод длинного кабеля (ДК)	2	2	2	4	-	10
4	Метод переходных процессов (МПП)	4	4	4	6	-	18
5	Метод дипольного электромагнитного профилирования (ДЭМП)	4	4	4	6	-	18
6	Аэроэлектроразведка.	4	4	4	2	-	14
	Итого:	16	16	16	24	-	72

14. Методические указания для обучающихся по освоению дисциплины

(рекомендации обучающимся по освоению дисциплины: работа с конспектами лекций, презентационным материалом, выполнение практических заданий, тестов, заданий текущей аттестации и т.д.)

Обучающимся следует использовать опубликованные методические пособия по курсу «Индуктивная электроразведка» из списка литературы и презентационные материалы электронного курса лекций «Индуктивная электроразведка» на Образовательном портале ВГУ – <https://edu.vsu.ru/enrol/index.php?id=2754>.

15. Перечень основной и дополнительной литературы, ресурсов интернет, необходимых для освоения дисциплины (список литературы оформляется в соответствии с требованиями ГОСТ и используется общая сквозная нумерация для всех видов источников)

а) основная литература:

№ п/п	Источник
1	Аузин, Альберт Карлович. Электроразведка: (Спецкурс по индуктивным и радиоволновым методам рудной электроразведки) : Учебное пособие для студ. вузов, обуч. по специальности "Геофизические методы поисков и разведки месторождений полезных ископаемых" / А.К. Аузин .— М. : Изд-во Недра, 1977 .— 132,[2] с. : ил.,табл.
2	Захаров, Виктор Харитонович. Электроразведка методом дипольного индуктивного профилирования / В.Х. Захаров .— Л. : Недра, 1975 .— 224 с. : ил. — Загл. корешка: Дипольное индуктивное

	профилирование.
3	Электромагнитные методы разведки в рудной геофизике / Б.С. Светов, А.Д. Петровский, Е.М. Ершов и др. — М. : Недра, 1966 .— 307 с., [1] л. ил. : ил.

б) дополнительная литература:

№ п/п	Источник
4	Матвеев, Борис Константинович. Электроразведка при поисках месторождений полезных ископаемых : учебник для студ. вузов, обуч. по спец."Геофизические методы поисков и разведки полезных ископаемых" / Б.К. Матвеев .— М. : Недра, 1982 .— 376 с. : ил., табл.

в) информационные электронно-образовательные ресурсы (официальные ресурсы интернет)*:

№ п/п	Ресурс
5	Электронно-библиотечная система «Университетская библиотека online» http://biblioclub.ru/
6	Электронно-библиотечная система «Консультант студента» http://www.studmedlib.ru
7	Электронно-библиотечная система «Лань» https://e.lanbook.com/
8	Электронно-библиотечная система «РУКОНТ» (ИТС Контекстум) http://rucont.ru
9	Электронно-библиотечная система «Юрайт» https://lib.vsu.ru/url.php?url=http://www.biblio-online.ru
10	Электронный курс «Индуктивная электроразведка» – https://edu.vsu.ru/enrol/index.php?id=2754

* Вначале указываются ЭБС, с которыми имеются договора у ВГУ, затем открытые электронно-образовательные ресурсы

16. Перечень учебно-методического обеспечения для самостоятельной работы

(учебно-методические рекомендации, пособия, задачки, методические указания по выполнению практических (контрольных) работ и др.)

№ п/п	Источник
1	Смирнов, Аркадий Алексеевич. Руководство по обработке и интерпретации результатов наземной электроразведки : учебное пособие для студ. геол. спец. вузов : [в 2 ч.] / А.А. Смирнов, С.Н. Закутский, И.В. Притыка .— Воронеж : Изд-во Воронежского ун-та, 1984-.Ч. 1: Электромагнитное зондирование .— 1984 .— 232 с. : ил. Смирнов, Аркадий Алексеевич. Руководство по обработке и интерпретации результатов наземной электроразведки : учебное пособие для студ. геол. спец. вузов : [в 2 ч.] / А.А. Смирнов, С.Н. Закутский, И.В. Притыка .— Воронеж : Изд-во Воронежского ун-та, 1984-.Ч. 2: Электромагнитное профилирование .— 1985 .— 144 с. : ил.
2	Электронный курс «Индуктивная электроразведка» – https://edu.vsu.ru/enrol/index.php?id=2754

17. Информационные технологии, используемые для реализации учебной дисциплины, включая программное обеспечение и информационно-справочные системы (при необходимости)

№ пп	Программное обеспечение
1	WinPro 8 RUS Upgrd OLP NL Acdmс
2	OfficeSTD 2013 RUS OLP NL Acdmс
3	Университетская лицензия на программный комплекс для ЭВМ -MathWorks Total Academic Headcount – 25
4	СПС "Консультант Плюс" для образования
5	Программная система для обнаружения текстовых заимствований в учебных и научных работах
6	Неисключительные права на ПО KasperskyEndpointSecurity для бизнеса - РасширенныйRussianEdition

Электронный курс лекций «Индуктивная электроразведка» на Образовательном портале ВГУ – <https://edu.vsu.ru/enrol/index.php?id=2754>.

Программа курса реализуется с применением дистанционных технологий.

18. Материально-техническое обеспечение дисциплины:

(при использовании лабораторного оборудования указывать полный перечень, при большом количестве оборудования можно вынести данный раздел в приложение к рабочей программе)

№ пп	№ аудитории	Адрес	Название аудитории	Тип аудитории	Материально-техническое обеспечение
1	6	г. Воронеж, Университетская пл.1, первый корпус	Лаборатория электроразведки	лаборатория	АЭ-72 (2 комплекта), АНЧ-3 (2 комплекта), «Теллур» (2 комплекта), АИЭ-1 (1 комплект), Аппаратура ВЭЗ-ВП (1 комплект). Компьютеры Intel Celeron – 5 шт., мультимедийная система на ТВ
2	101п	г. Воронеж, Университетская пл.1, корпус 1Б	Лаборатория гравимагнитных методов	лаборатория	Компьютер Intel Atom, LCD-проектор BENQ MP 515

19. Фонд оценочных средств:

19.1 Перечень компетенций с указанием этапов формирования и планируемых результатов обучения

Код и содержание компетенции (или ее части)	Планируемые результаты обучения (показатели достижения заданного уровня освоения компетенции посредством формирования знаний, умений, навыков)	Этапы формирования компетенции (разделы (темы) дисциплины или модуля и их наименование)	ФОС* (средства оценивания)
ПК-2 Способность самостоятельно получать геологическую информацию, использовать в научно-исследовательской деятельности навыки полевых и лабораторных геологических исследований (в соответствии с направленностью (профилем) подготовки)	Знать: теоретические основы индуктивной электроразведки на переменном токе, физико-математическую теорию, роль индуктивной электроразведки при решении геологических задач. Уметь: пользоваться современной электроразведочной аппаратурой, методами и технологиями измерения переменных электрического и магнитного поля. Владеть: методикой и техникой выполнения полевых работ, способами интерпретации материалов полевых наблюдений индуктивной электроразведки на переменном токе.	Общие сведения об индуктивных методах. Метод незаземленной петли (НП)	Лабораторная работа № 1 Практическое задание № 1 Контроль освоения материала может осуществляться в дистанционной форме в соответствующем курсе на образовательном портале ВГУ
ПК-5 Готовность к работе на современных полевых и лабораторных геологических, геофизических, геохимических приборах, установках и оборудовании (в соответствии с направленностью (профилем) программы бакалавриата)	Знать: физико-математическую теорию электроразведки на постоянном и переменном токе, принципы работы современной электроразведочной аппаратуры. Уметь: анализировать полевой материал по индуктивным методам электроразведки как на качественном уровне, так и при получении количественных данных о параметрах изучаемого разреза. Владеть: методикой и техникой использования современных программных технологий на компьютерах при решения конкретных геологических задач, стоящих пе-	Метод длинного кабеля (ДК)	Лабораторная работа № 2 Практическое задание № 2 Контроль освоения материала может осуществляться в дистанционной форме в соответствующем курсе на образовательном портале ВГУ
		Метод дипольного электромагнитного профилирования (ДИП)	Лабораторная работа № 3 Практическое задание № 3 Контроль освоения материала может осуществляться в дистанционной форме в соответствующем курсе на образовательном портале ВГУ

	ред индуктивными методами электроразведки.	Метод переходных процессов (МПП).	Лабораторная работа № 4 Практическое задание № 4 Контроль освоения материала может осуществляться в дистанционной форме в соответствующем курсе на образовательном портале ВГУ
		Аэроэлектроразведка	Лабораторная работа № 5 Практическое задание № 5 Контроль освоения материала может осуществляться в дистанционной форме в соответствующем курсе на образовательном портале ВГУ
Промежуточная аттестация (зачёт) Контроль освоения материала может осуществляться в дистанционной форме в соответствующем курсе на образовательном портале ВГУ			КИМ № 1

* В графе «ФОС» в обязательном порядке перечисляются оценочные средства текущей и промежуточной аттестаций.

19.2 Описание критериев и шкалы оценивания компетенций (результатов обучения) при промежуточной аттестации

Критерии оценивания компетенций	Уровень сформированности компетенций	Шкала оценок
Обучающийся в полной мере владеет понятийным аппаратом и теоретическими основами дисциплины, способен иллюстрировать ответ примерами и фактами, способен применять теоретические знания для решения практических задач индуктивной электроразведки	Повышенный уровень	Отлично (Зачтено)
Обучающийся владеет понятийным аппаратом и теоретическими основами дисциплины, способен иллюстрировать ответ примерами и фактами, способен применять теоретические знания для решения практических задач индуктивной электроразведки, но при этом допускает отдельные ошибки при ответах на вопросы.	Базовый уровень	Хорошо (Зачтено)
Обучающийся владеет, частично, понятийным аппаратом и теоретическими основами дисциплины, фрагментарно способен иллюстрировать ответ примерами и фактами, фрагментарно способен применять теоретические знания для решения практических задач индуктивной электроразведки	Пороговый уровень	Удовлетворительно (Зачтено)
Обучающийся демонстрирует отрывочные, фрагментарные знания в базовых положениях и теоретических основах дисциплины, допускает грубые ошибки в иллюстрировании результатов и применении в индуктивной электроразведке	–	Неудовлетворительно (Не зачтено)

19.3 Типовые контрольные задания или иные материалы, необходимые для оценки знаний, умений, навыков и (или) опыта деятельности, характеризующие этапы формирования компетенций в процессе освоения образовательной программы

19.3.1 Перечень вопросов к экзамену (зачету): (нужное выбрать)

Перечень вопросов к зачёту:

1. Преимущества и недостатки индуктивных методов электроразведки по сравнению с методами постоянного тока.
2. Особенности метода длинного кабеля.
3. Примеры применения МПП и геологическое истолкование результатов.
4. Математические операции и символы, применяемые при решении задач о нормальных полях в индуктивных методах электроразведки.
5. Задачи, решаемые методом ДК.
6. Определение параметров аномалии и проводимости рудных объектов в методе ДЭМП.

7. Физические основы электромагнитных полей. Уравнения Максвелла.
8. Нормальное поле бесконечного длинного кабеля.
9. Влияние рельефа на характер аномального поля в методе ДЭМП.
10. Волновое уравнение, волновое число, его физический и геометрический смысл.
11. Нормальное поле кабеля конечной длины.
12. Область применения метода ДЭМП.
13. Задачи метода незаземленной петли, методические особенности.
14. Изображение результатов наблюдений методом ДК в виде эффективных сопротивлений.
15. Методы аэроэлектроразведки.
16. Нормальное поле круговой петли.
17. Определение проводимости при измерении эллипса поляризации и сдвига фаз по методике скрещенных рамок.
18. Метод вращающегося магнитного поля.
19. Нормальное поле вертикального магнитного диполя.
20. Интерпретация материалов метода ДК.
21. Физические основы аэроэлектроразведочных методов.
22. Круговой цилиндр в поперечном магнитном поле.
23. Область применения метода ДК.
24. Аномалии поля на проводящими сферическими объектами.
25. Параметр аномалии в методе НП, определение его по частотным характеристикам.
26. Основные положения метода переходных процессов и его достоинства.
27. Аномалии поля над цилиндрическими объектами.
28. Решение обратной задачи метода НП.
29. Вторичное поле переходных процессов над проводящим шаром.
30. Аномалии поля над тонким вертикальным пластом.
31. Характерные графики вертикальной и горизонтальной составляющей над различными рудными объектами в методе НП.
32. Вторичное поле переходных процессов над цилиндром.
33. Интерпретация материалов методов аэроэлектроразведки.
34. Особенности метода дипольного электромагнитного профилирования.
35. Вторичное поле переходных процессов над пластом.
36. Определение глубины залегания, размеров, параметра аномалии и проводимости рудных тел в аэроэлектроразведочных методах.
37. Задачи, решаемые методом ДЭМП.
38. Определение элементов залегания неоднородностей и временной характеристики поля переходных процессов.
39. Метод бесконечно длинного кабеля – аэровариант, его особенности.
40. Влияние разносов на аномалии магнитного типа в методе ДЭМП.
41. Палеточный способ интерпретации материалов МПП.
42. Обработка и интерпретация материалов бесконечно-длинного кабеля в аэроварианте.
43. Интерпретация аномалий ДЭМП от проводников различной формы.
44. Использование программного комплекса TEM IMAGE при интерпретации материалов МПП.
45. Область применения метода ДЭМП.

19.3.2 Перечень практических заданий

Практическое задание № 1. Нормальное поле круговой петли, низкочастотного вертикального магнитного диполя. Круговой цилиндр в поперечном магнитном поле

Практическое задание № 2. Нормальное поле бесконечного длинного кабеля и кабеля конечной длины.

Практическое задание № 3. Вторичное поле переходных процессов над проводящим шаром, цилиндром и пластом. Определение элементов залегания неоднородностей и временной характеристики поля.

Практическое задание № 4. Особенности метода и решаемые им задачи. Влияние разносов на аномалии магнитного типа.

Практическое задание № 5. Метод вращающегося магнитного поля. Физические основы метода. Аномалии поля над проводящими сферическим, цилиндрическим и тонким вертикальным пластами.

19.3.3 Тестовые задания

19.3.4 Перечень заданий для контрольных работ

19.3.5 Темы курсовых работ

19.3.6 Темы рефератов

19.4. Методические материалы, определяющие процедуры оценивания знаний, умений, навыков и (или) опыта деятельности, характеризующих этапы формирования компетенций

Оценка знаний, умений и навыков, характеризующая этапы формирования компетенций в рамках изучения дисциплины осуществляется в ходе текущей и промежуточной аттестаций.

Текущая аттестация проводится в соответствии с Положением о текущей аттестации обучающихся по программам высшего образования Воронежского государственного университета. Текущая аттестация проводится в форме(ах): лабораторных работ, тестирования. Критерии оценивания приведены выше.

Промежуточная аттестация проводится в соответствии с Положением о промежуточной аттестации обучающихся по программам высшего образования.

Контрольно-измерительные материалы промежуточной аттестации включают в себя теоретические вопросы, позволяющие оценить уровень полученных знаний, позволяющих оценить степень сформированности умений и навыков деятельности в индуктивной электроразведке.

При оценивании используются качественные шкалы оценок. Критерии оценивания приведены выше.