

МИНОБРНАУКИ РОССИИ

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования

«САРАТОВСКИЙ НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ
ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ ИМЕНИ

Н.Г. ЧЕРНЫШЕВСКОГО»

Геологический факультет

УТВЕРЖДАЮ
Декан факультета



М.В. Пименов

2021 г.

Рабочая программа дисциплины
Электроразведка

Направление подготовки бакалавриата
05.03.01 Геология

Профиль подготовки бакалавриата
Нефтегазовая геофизика

Квалификация (степень) выпускника
Бакалавр

Форма обучения
очная

Саратов,
2021

Статус	ФИО	Подпись	Дата
Разработчик: доцент кафедры геофизики	Шигаев В.Ю.		25.10.21
Председатель НМК	Волкова Е.Н.		25.10.21
Заведующий кафедрой	Волкова Е.Н.		25.10.21
Специалист Учебного управления			

1. Цели освоения дисциплины

Целью освоения дисциплины «Электроразведка» является теоретическое освоение основных разделов электроразведки постоянным и переменным электромагнитным полем и физически обоснованное понимание возможности и роли различных методов электроразведки при решении геологических задач.

Освоение дисциплины направлено на приобретение знаний о физических основах электроразведки, технологии измерения элементов электромагнитного поля искусственной и естественной природы, получение навыков геофизической и геологической интерпретации получаемых результатов. Накопленные знания обеспечат профессиональное становление будущих специалистов, владеющих в равной степени теорией и практикой геолого-геофизических исследований.

2. Место дисциплины в структуре ООП

Дисциплина «Электроразведка» относится к Блоку 1 «Дисциплины (модули)» к части, формируемой участниками образовательных отношений. Читается в 5 семестре. Дисциплина «Электроразведка» базируется на материалах дисциплин Математика, Физика, Геофизика, Общая геология, Минералогия, Петрография, а также Ознакомительной (1-й профильной) практике. Знания, полученные при освоении данной дисциплины, необходимы для научно-исследовательской деятельности, написания курсовой работы и ВКР.

3. Результаты обучения по дисциплине

Код и наименование компетенции	Код и наименование индикатора (индикаторов) достижения компетенции	Результаты обучения
--------------------------------	--	---------------------

<p>ПК - 4 Способен осуществлять обработку наземных геофизических данных</p>	<p>1.1_Б.ПК-4. Обеспечивает технические и документационные условия для проведения работ по обработке наземных геофизических данных 1.2_Б.ПК-4. Самостоятельно проводит обработку полученных наземных геофизических данных 1.3_Б.ПК-4. Руководит работой по обработке полученных наземных геофизических данных</p>	<p>Знать методы и технологии обработки наземных геофизических данных с использованием специализированных, программных комплексов, их возможности и ограничения, специализированные программные комплексы и алгоритмы обработки геофизических данных и оценку эффективности их применения, специализированные процедуры обработки данных, направленных на повышение информативности наземных геофизических данных.</p> <p>Уметь применять методы и технологии обработки наземных геофизических данных с использованием специализированных, программных комплексов с учетом их возможностей и ограничений, выбирать, специализированные программные комплексы и алгоритмы обработки геофизических данных и оценивать эффективность их применения, применять специализированные процедуры обработки данных, направленные на повышение информативности наземных геофизических данных.</p> <p>Владеть методами и технологиями обработки наземных геофизических данных с использованием специализированных, программных комплексов с учетом их возможностей и ограничений, специализированными программными комплексами и алгоритмами обработки геофизических данных и оценкой эффективности их применения, специализированными процедурами обработки данных, направленных на повышение информативности наземных геофизических данных.</p>
---	--	--

<p>ПК-5 Способен осуществлять интерпретации наземных геофизических данных</p>	<p>1.1_Б.ПК-5. Обеспечивает технические и документационные условия для проведения работ по интерпретации наземных геофизических данных 1.2_Б.ПК-5. Самостоятельно проводит интерпретацию полученных наземных геофизических данных 1.3_Б.ПК-5. Руководит работой по интерпретации полученных наземных геофизических данных</p>	<p>Знать корреляционные, статистические, спектральные представления геофизических полей, способы, методы и алгоритмы интерпретации наземных геофизических данных с использованием специализированных программных комплексов, специализированные программные комплексы интерпретации наземных геофизических данных, правила выделения полезной информации, навыки корреляции и выделения геофизических аномалий с последующим прогнозированием свойств горных пород, построением цифровых геолого-геофизических моделей, прогнозных карт, разрезов, диаграмм и т.д.</p> <p>Уметь применять корреляционные, статистические, спектральные представления геофизических полей, применять способы, методы и алгоритмы интерпретации наземных геофизических данных с использованием специализированных программных комплексов, применять специализированные программные комплексы интерпретации наземных геофизических данных, выделяя полезную информацию, использовать навыки корреляции и выделения геофизических аномалий с последующим прогнозированием свойств горных пород, построением цифровых геолого-геофизических моделей, прогнозных карт, разрезов, диаграмм и т.д.</p> <p>Владеть корреляционными, статистическими, спектральными представлениями о геофизических полях, способами, методами и алгоритмами интерпретации наземных геофизических данных с использованием специализированных программных комплексов, специализированными программными комплексами</p>
---	--	---

		интерпретации наземных геофизических данных, выделяя полезную информацию, навыками корреляции и выделения геофизических аномалий с последующим прогнозированием свойств горных пород, построением цифровых геолого-геофизических моделей, прогнозных карт, разрезов, диаграмм и т.д.
--	--	--

4. Структура и содержание дисциплины

Общая трудоемкость дисциплины составляет 2 зачетных единицы или 72 часа.

№ п/п	Раздел дисциплины	Семестр	Неделя семестра	Виды учебной работы, включая самостоятельную работу студентов и трудоемкость (в часах)				Формы текущего контроля успеваемости (по неделям семестра) Формы промежуточной аттестации (по семестрам)
				лекции	лабораторные занятия		СР	
					Общая трудоемкость	Из них Лаб. Практи. подг.		
2	Введение. Определение электроразведки, ее сущность и место в общем комплексе геофизических методов. Классификация методов электроразведки.	5	1	2	2	2	4	Собеседование
Раздел 1. Физико-геологические модели и электромагнитные свойства горных пород								
3	Тема 1.1. Электрическая модель горной породы, обобщенные параметры слоистой неоднородной толщи.	5	2	2	2	2	4	Собеседование.
Раздел 2. Методы постоянного электрического поля								
4	Тема 2.1. Основы теории электроразведки постоянным током.	5	3	2	2	2	4	Собеседование. Отчет № 1.

5	Тема 2.2. Методика полевых наблюдений.	5	4	2	2	2	4	Собеседование. Отчет № 2.
6	Тема 2.3. Обработка и интерпретация результатов электроразведки методами ВЭЗ, ЭП.	5	5	2	2	2	4	Устный опрос. Лабораторная работа № 1, №2.
Раздел 3. Методы переменного электромагнитного поля								
7	Тема 3.1. Характеристика переменных электромагнитных полей, применяемых в электроразведке.	5	6	2	2	2	3	Собеседование.
8	Тема 3.2. Основы теории электроразведки переменным током.	5	7-8	2	2	2	3	Собеседование.
9	Тема 3.3. Магнитотеллурическое зондирование (МТЗ), методика и техника полевых работ, обработка и интерпретация.	5	8-9	2	2	2	3	Собеседование. Отчет № 3.
10	Тема 3.4. Частотное зондирование (ЧЗ), методика и техника полевых работ, обработка и интерпретация.	5	10-11	1	1	1	3	Собеседование. Отчет № 4.
11	Тема 3.5. Зондирование становлением электромагнитного поля. Сущность метода в дальней и в ближней зонах. Методика и техника полевых работ, обработка и интерпретация	7	12-14	1	1	1	4	Устный опрос. Лабораторная работа № 3.
12	Промежуточная аттестация – 4 часа	5	14	-	-	-	-	Зачет
13	Итого – 72 часа	5		18	18	18	36	

Содержание учебной дисциплины

Введение.

Определение электроразведки, ее сущность и место в общем комплексе геофизических методов поисков и разведки полезных ископаемых. Объект и цели исследования. Естественные и искусственные электромагнитные поля как источник информации о Земных недрах. Связь электроразведки с другими науками. Основные методы исследования: электромагнитное

зондирование и профилирование, скважинные, шахто-рудничные, морские и азуроварианты. Классификация методов электроразведки.

Раздел 1. Физико-геологические модели и электромагнитные свойства горных пород.

Тема 1.1. Электрическая модель горной породы, обобщенные параметры слоистой неоднородной толщи.

Электрическая модель горной породы. Электромагнитные свойства горных пород и руд: удельная электропроводность, диэлектрическая и магнитная проницаемости, естественная и вызванная поляризуемости. Геоэлектрические модели слоистых сред. Обобщенные параметры слоистой толщи: суммарная продольная проводимость и поперечное сопротивление, среднее продольное удельное электрическое сопротивление. Понятие геоэлектрического разреза, однослойный, двухслойный и т.д. Понятие опорных геоэлектрических горизонтов.

Раздел 2. Методы постоянного электрического поля.

Тема 2.1. Основы теории электроразведки постоянным током.

Законы Ома и Кирхгофа в дифференциальной форме. Уравнение Лапласа. Электрическое поле точечного и двух точечных источников поля. Определение удельного электрического сопротивления среды по результатам измерения поля на ее поверхности. Понятие кажущегося сопротивления. Понятие эффективной глубины проникновения тока. Принцип электрического зондирования.

Тема 2.2. Методика полевых наблюдений.

Вертикальное электрическое (ВЭЗ) и дипольное зондирование (ДЭЗ). Виды установок: четырех-, трех-, двухэлектродные в методе ВЭЗ; азимутальные, радиальные, экваториальные в методе ДЭЗ. Электропрофилирование, сущность метода. Основные варианты электрического профилирования: симметричное, дипольное, комбинированное, способ срединного градиента.

Тема 2.3. Обработка и интерпретация результатов электроразведки методами ВЭЗ, ЭП.

Качественная и количественная интерпретация материалов электроразведки постоянным током. Карты типов кривых, карты суммарной продольной проводимости, среднего продольного электрического сопротивления. Разрезы кажущегося сопротивления. Теоретические кривые ВЭЗ, палетки. Принцип эквивалентности. Качественная интерпретация кривых ВЭЗ. Палеточный способ. Принципы интерпретации кривых ВЭЗ на персональных ЭВМ.

Интерпретация результатов электрического профилирования. Типичные графики электропрофилирования над моделями двух-, и трехмерных сред. Принципы их качественного истолкования. Построение карт, графиков кажущегося сопротивления и поляризуемости. Определение местоположения искоемых объектов, оценка глубины их залегания и размеров.

Раздел 3. Методы переменного электромагнитного поля.

Тема 3.1. Характеристика переменных электромагнитных полей, применяемых в электроразведке.

Искусственные и естественные электромагнитные поля. Магнитотеллурическое и электрохимическое поля. Гармоническое искусственное поле. Два способа его возбуждения: гальванический и индуктивный. Неустановившееся электромагнитное поле переходных процессов. Понятие дальней и ближней зон.

Тема 3.2. Основы теории электроразведки переменным током.

Уравнения Максвелла, их физический смысл. Уравнение плоской электромагнитной волны над однородным полупространством.

Тема 3.3. Магнитотеллурическое зондирование МТЗ, методика и техника полевых работ, обработка и интерпретация.

Установки МТЗ. Профильная и площадная съемки. Глубинность методов. Понятие импеданса среды. Кривые МТЗ. Типы кривых МТЗ, их асимптоты. Линия S и линия H. Эффективные кривые.

Тема 3.4. Частотное зондирование (ЧЗ), методика и техника полевых работ, обработка и интерпретация.

Особенности применения метода ЧЗ. Ограниченность глубинных исследований, вследствие малой мощности источников электромагнитного поля. Установки ЧЗ: электрический диполь-приемная линия на экваторе, электрический диполь - измерительная петля. Методика и техника полевых работ: профильные и площадные наблюдения в дальней зоне.

Тема 3.5. Зондирование становлением электромагнитного поля. Сущность метода в дальней и ближней зонах. Методика и техника полевых работ, обработка и интерпретация.

Установки, применяемые при полевых исследованиях в методах ЗСД, ЗСБ: петля в петле, электрический диполь-приемная рамка. Преимущества и ограничения. Понятие дальней и ближней зон. Сущность метода становлением поля в дальней (ЗСД) и ближней зоне (ЗСБ) зонах.

Кривые кажущегося сопротивления, их асимптоты. Кривые кажущейся продольной проводимости и их корреляция по профилю и площади исследования. Построение карт продольной проводимости отдельных стратиграфических комплексов.

Области применения электроразведки переменным током при решении задач нефтяной геологии.

5. Образовательные технологии, применяемые при освоении дисциплины

При реализации программы дисциплины «Электроразведка» используются различные образовательные технологии – во время аудиторных занятий обучение проводится в виде лекций с использованием ПК и компьютерного проектора и лабораторных занятий в аудитории или компьютерном классе Геологического факультета СГУ с использованием

специальных вычислительных программ и полевого электроразведочного оборудования, а самостоятельная работа студентов подразумевает работу под руководством преподавателей (консультации и помощь в написании отчетов о выполнении лабораторных работ и индивидуальную работу студента в компьютерном классе Саратовского Государственного Университета.

При проведении практической подготовки в рамках лабораторных занятий основная часть отведенного времени посвящается решению задач, которые позволяют студентам приобрести навыки обработки и интерпретации наземных геофизических данных. Задания к практическим (лабораторным) работам выдаются преподавателем согласно рабочей программы дисциплины.

При обучении лиц с ограниченными возможностями здоровья и инвалидов используются подходы, способствующие созданию безбарьерной образовательной среды: технологии дифференциации и индивидуализации обучения, применение соответствующих методик по работе с инвалидами, использование средств дистанционного общения.

Для обеспечения дифференцированного подхода обеспечивается многоуровневая подача материала в соответствии с индивидуальными особенностями, предоставление учащимся права выбора целей, средств, форм работы, организация работы учащихся в малых группах, самостоятельная работа в собственном диапазоне возможностей, оценка достижения учащимся в соответствии с их возможностями.

Адаптивные технологии при обучении студентов-инвалидов реализуются с учетом особенностей этапов обучения: адаптации и овладения основами обучения,

- интеграции в коллектив, накопления опыта социально-адаптированного поведения и учебной деятельности;
- введения в профессионально-практическую деятельность и накопления практико-ориентированного опыта;
- овладения основами профессиональной деятельности;
- результативный этап.

Каждый этап предусматривает свою специфику сопровождения. В зависимости от этапа обучения и принадлежности студента к учебной группе используется сопровождение тьюторов.

6. Учебно-методическое обеспечение самостоятельной работы студентов. Оценочные средства для текущего контроля успеваемости, промежуточной аттестации по итогам освоения дисциплины.

Результаты изучения дисциплины студентами контролируются разными способами. Предусматриваются следующие виды контроля: текущий и промежуточный.

Текущий контроль осуществляется на лекционных и лабораторных занятиях, а также по результатам выполнений индивидуальных заданий в аудиторное и внеаудиторное время.

В начале каждого лабораторного занятия проводится 10 минутный опрос для оценки степени готовности студентов к лабораторной работе по теме занятия.

На лабораторных занятиях и в процессе самостоятельной работы во внеаудиторное время студенты выполняют индивидуальные задания с элементами исследований по всем основным блокам дисциплины.

По теоретическому разделу курса студенты получают индивидуальные задания по аналитическому обзору проблемных вопросов науки. Работа выполняется самостоятельно во внеучебное время с использованием научной и учебной литературы.

Промежуточный контроль проводится в виде зачета. Цель контроля - проверка знаний студента всей дисциплины, выяснение понимания взаимосвязей различных её разделов друг с другом и связей с иными естественнонаучными, общепрофессиональными и специальными дисциплинами.

Лабораторные работы:

По электроразведке постоянным током (раздел 2):

1. Построение и интерпретация карт типов кривых ВЭЗ.
2. Построение качественных геоэлектрических разрезов по данным ВЭЗ.

По электроразведке переменным током (раздел 3):

3. Корреляция кривых кажущейся продольной проводимости в методе ЗСБ.

Примерные темы отчетов студентов по самостоятельному освоению дисциплины:

1. Прямая и обратная задачи электроразведки. Понятия о некорректно поставленных задачах и методах их решения.
2. Электрическое поле над вертикальным контактом. Постоянное электрическое поле в однородной изотропной среде.
3. Понятие потенциала точечного элементарного источника.
4. Определение удельного электрического сопротивления среды по результатам измерения поля на ее поверхности. Понятие кажущегося сопротивления.
5. Вертикальное электрическое и дипольное зондирование. Понятие действующего расстояния. Виды установок.
6. Сущность метода заряженного тела. Измерение потенциала и градиента потенциала.
7. Физико-геологические основы метода естественного поля.
8. Физико-геологические основы метода вызванной поляризации.

9. Сущность магнитотеллурического зондирования. Зависимость импеданса и кажущегося сопротивления от периода вариаций и свойств среды.

10. Типы кривых магнитотеллурического зондирования, их асимптоты.

11. Магнитотеллурическое профилирование, метод теллурических токов.

12. Установки метода частотного зондирования. Методика и техника полевых работ.

Контрольные вопросы для текущего контроля успеваемости и промежуточной аттестации по итогам освоения дисциплины:

1. Чем объясняется множество методов электроразведки?
2. Как классифицируются методы электроразведки?
3. Какую роль играет электроразведка в разведочной геофизике?
4. Какова природа естественного электромагнитного поля Земли?
5. Как создаются искусственные электрические поля в Земле?
6. Что такое вертикальное электрическое зондирование?
7. Какие основные установки электродов применяются в методе ВЭЗ?
8. Чем определяется тип геоэлектрического разреза?
9. Сколько типов трехслойных разрезов существует?
10. Что является аналогом глубины исследования в методе ВЭЗ?
11. Что является аналогом глубины исследования в методе ДЭЗ?
12. Что такое метод электропрофилирования?
13. что такое метод заряженного тела и где он применяется?
14. Какова сущность метода вызванной поляризации?
15. В чем состоит основное ограничение электроразведки постоянным током?
16. Что изучают с помощью магнитотеллурических методов?
17. Как осуществляется зондирование методом становления поля?
18. Какую область называют ближней зоной?
19. Какую область называют дальней зоной?
20. Какой метод называют электромагнитным зондированием?
21. Аналоги глубины исследования в методах ЧЗ и ЗС.
22. Что такое метод переходных процессов?
23. Что такое прямые и обратные задачи электроразведки?
24. Области практического применения электроразведки?

7. Данные для учета успеваемости студентов в БАРС

Таблица 1.1. Таблица максимальных баллов по видам учебной деятельности.

1	2	3	4	5	6	7	8	9
---	---	---	---	---	---	---	---	---

Семестр	Лекции	Лабораторные занятия	Практические занятия	Самостоятельная работа	Автоматизированное тестирование	Другие виды учебной деятельности	Промежуточная аттестация	Итого
5	10	30	0	20	0	0	40	100

Программа оценивания учебной деятельности студента

Лекции – от 0 до 10 баллов

Посещаемость (0-4 баллов).

Активность (0-4 баллов).

Умение выделить главную мысль (0-2 балла).

Лабораторные занятия– от 0 до 30 баллов

Лабораторная работа № 1.

Самостоятельность при выполнении работы (0-3 баллов).

Грамотность в оформлении (0-3 баллов).

Правильность выполнения (0-3 баллов).

Лабораторная работа № 2.

Самостоятельность при выполнении работы (0-2 баллов).

Грамотность в оформлении (0-2 баллов).

Правильность выполнения (0-2 баллов).

Лабораторная работа № 3.

Самостоятельность при выполнении работы (0-5 баллов).

Грамотность в оформлении (0-5 баллов).

Правильность выполнения (0-5 баллов).

Практические занятия – не предусмотрены

Самостоятельная работа – от 0 до 20 баллов

Отчет № 1

Грамотность в оформлении (0-3 баллов).

Правильность выполнения (0-2 баллов).

Отчет № 2

Грамотность в оформлении (0-3 баллов).

Правильность выполнения (0-2 баллов).

Отчет № 3

Грамотность в оформлении (0-3 баллов).

Правильность выполнения (0-2 баллов).

Отчет № 4

Грамотность в оформлении (0-3 баллов).

Правильность выполнения (0-2 баллов).

Автоматизированное тестирование – не предусмотрено

Другие виды учебной деятельности – не предусмотрены

Промежуточная аттестация - зачет

При проведении промежуточной аттестации ответ студента может быть оценен от 0 до 40 баллов.

*При проведении промежуточной аттестации
ответ на «отлично» / «зачтено» оценивается от 31 до 40 баллов;
ответ на «хорошо» / «зачтено» оценивается от 21 до 30 баллов;
ответ на «удовлетворительно» / «зачтено» оценивается от 11 до 20
баллов;
ответ на «неудовлетворительно» / «не зачтено» оценивается от 0 до 10
баллов.*

Таким образом, максимально возможная сумма баллов за все виды учебной деятельности студента за семестр по дисциплине «Электроразведка» составляет 100 баллов.

Таблица 2.1 Таблица пересчета полученной студентом суммы баллов по дисциплине «Электроразведка» в зачет:

55 баллов и более	«зачтено» (при недифференцированной оценке)
меньше 55 баллов	«не зачтено»

8. Учебно-методическое и информационное обеспечение дисциплины.

а) литература:

1. Лыгин И.В. Интерпретация геофизических материалов: учебное пособие / Лыгин И.В. - Саратов: Вузовское образование, 2020. - 222 с. URL: <http://www.iprbookshop.ru/93991.html>. Книга находится в премиум-версии ЭБС IPRbooks. ✓
2. Иголкин В.И. Методы и аппаратура электроразведки на переменном токе. Научное издание / В.И. Иголкин. - Красноярск: Сибирский федеральный университет, 2016. - 272 с. ✓
3. Полевая геофизика: Учебное пособие / А.Г. Соколов, О.В. Попова, Т.М. Кечина. - Оренбург: Оренбургский государственный университет, ЭБС АСВ, 2015. - 160 с. Книга находится в премиум-версии ЭБС IPR BOOKS. ✓
4. Электроразведка. Часть 1: Лабораторный практикум / В.М. Якушев, А.Г. Керимов, А.В. Якушев. - Ставрополь: Северо-Кавказский федеральный университет, 2015. - 88 с. Книга находится в премиум-версии ЭБС IPR BOOKS. ✓
5. Соколов А.Г. Полевая геофизика: учеб. пособие / А.Г. Соколов. - Оренбург: ОГУ, 2015. - 160 с. - URL: <https://lib.rucont.ru/efd/304042>. Книжные издания: электронный ресурс. ✓

б) лицензионное программное обеспечение и Интернет-ресурсы:

- ОС MS Windows XP SP2 или ОС MS Windows 7 Pro
 - MS Office 2003 или MS Office 2007 Pro
 - Антивирус Касперского для Windows workstations
 - CorelDRAW Graphics Suite X3
- <http://www.google.com/earth/index.html> Google Планета Земля
<http://geo.web.ru> – общеобразовательный геологический сайт
<http://www.sgu.ru/node/11448/> - страница дисциплины на геологическом факультете СГУ, с большим количеством электронных учебников и публикаций
<http://vsegei.ru> - сайт Всероссийского научно-исследовательского геологического института им. А.П. Карпинского
<http://wiki.web.ru/> - сайт – энциклопедический словарь
elibrary.ru (Научная электронная библиотека).

9. Материально-техническое обеспечение дисциплины

Для материально-технического обеспечения дисциплины используются: лаборатория кафедры геофизики, компьютерный класс геолого-геофизического моделирования, полевая электроразведочная аппаратура, специализированная аудитория с ПК мультимедийным оборудованием.

Место проведения (осуществления) лабораторной практической подготовки - Учебная лаборатория комплексных проблем геофизики и инженерной геологии, расположенная по адресу: г. Саратов, ул. Московская, 161, корпус 6, ком. 117;

Программа составлена в соответствии с требованиями ФГОС ВО по направлению 05.03.01 «Геология» и профилю подготовки «Нефтегазовая геофизика».

Автор доцент кафедры геофизики Шигаев В.Ю.

Программа одобрена на заседании кафедры геофизики от 25.10.2021 г., протокол № 2.