

Документ подписан простой электронной подписью  
Информация о владельце:  
ФИО: Минцаев Магомед Шамилович  
Должность: Ректор  
Дата подписания: 22.11.2023 12:26:49  
Уникальный программный ключ:  
236bcc35c296f119d6aafdc22836b21db52dbc07971a86865a5825f9fa4304cc

059  
**МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ**  
**ГРОЗНЕНСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ НЕФТЯНОЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ**  
**имени академика М.Д. Миллионщикова**

«УТВЕРЖДАЮ»

Первый проректор  
И.Г. Гайрабеков



## **РАБОЧАЯ ПРОГРАММА**

### **Дисциплины**

**«Распространение сейсмических волн»**

### **Специальность**

**21.05.03 - «Технологии геологической разведки»**

### **Специализация**

**«Геофизические методы поисков и разведки месторождений  
полезных ископаемых»**

### **Квалификация**

**горный инженер-геофизик**

**Грозный 2020**

## **1 Цели освоения дисциплины**

Область применения сейсмических методов исследований недр постоянно расширяется. Использование и истолкование данных сейсморазведки невозможно без глубокого понимания характера и способов распространения упругих волн в горных породах, составляющих осадочный чехол.

Настоящий курс посвящен физико-геологическим основам сейсмических методов исследований. Рассматриваются классические задачи теории упругих волн, современные методы их решения, как точные, так и асимптотические, итеративные. Описание упругих волн ведется на основе матричного и тензорного формализма. Изучаются процессы прохождения волн сквозь сплошные и дискретные, изотропные и анизотропные, однородные и неоднородные, идеально-упругие и поглощающие среды.

## **2 Место дисциплины в структуре образовательной программы**

Дисциплина «Распространение сейсмических волн» представляет собой дисциплину базовой части цикла профессиональных дисциплин и относится к специализации «Геофизические методы поисков и разведки полезных ископаемых».

Дисциплина базируется на дисциплинах математического, естественно-научного цикла и цикла профессиональных дисциплин, служит логическим продолжением курсов «Теория поля» и формирует знания студентов для освоения профессиональных дисциплин: «Методика и техника полевых сейсморазведочных работ», «Современные алгоритмы обработки данных сейсморазведки», «Интерпретация данных сейсморазведки».

## **3 Требования к результатам освоения дисциплины**

В процессе освоения данной дисциплины студент формирует и демонстрирует следующие общекультурные и общепрофессиональные компетенции при освоении образовательной программы, реализующей ФГОС ВПО:

- способность к абстрактному мышлению, анализу, синтезу (ОК-1);
- готовность к саморазвитию, самореализации, использованию творческого потенциала (ОК-3);
- способность к самоорганизации и самообразованию (ОК-7);
- умение разрабатывать и организовывать внедрение мероприятий, обеспечивающих решение стоящих перед коллективом задач в области технологий геологоразведочных работ на наиболее высокотехнологическом уровне (ПК-4);
- владение научно-методическими основами и стандартами в области геологоразведочных работ, умением их применять (ПК-9);
- способность находить, анализировать и перерабатывать информацию, используя современные информационные технологии (ПК-14);
- способность выявлять естественнонаучную сущность проблем, возникающих в ходе профессиональной деятельности, привлекать для их решения соответствующий физико-математический аппарат (ПСК-1.1);

- способность применять знания о современных методах геофизических исследований (ПСК-1.2);

- способность планировать и проводить геофизические научные исследования, оценивать их результаты (ПСК-1.3);

**знать:**

- основные уравнения, описывающие поля сейсмических волн, энергетические соотношения и физические процессы, происходящие при их распространении (ОК-1, 3, 7; ПК-4; ПСК-1.1, 1.2);

- физические процессы, происходящие на границе раздела сред, параметры преломления и отражения плоских волн, уравнения Цёппритца, теорию полей времён (ОК-1, 3, 7; ПК-4, 9; ПСК-1.1, 1.2);

- способы классификации моделей геологических сред, структуру и способы моделирования волновых полей (ОК-1, 3, 7; ПК-14; ПСК-1.1, 1.2);

- базовые представления о распространении волн в анизотропных, поглощающих, дискретных, неоднородных средах (ОК-1, 3, 7; ПК-4; ПСК-1.1, 1.2).

**уметь:**

- рассчитывать характеристики поля элементарных излучателей (ПСК-1.1, 1.2);

- оценивать упругие свойства произвольной среды в сейсмическом диапазоне частот, рассчитывать амплитуду, скорость распространения и длину волны (ПСК-1.1, 1.2);

#### 4 Объем дисциплины и виды учебной деятельности

Таблица 1

Вид учебной работы		Всего часов/зач.ед.	
		ОФО	ЗФО
<b>Контактная работа (всего)</b>		<b>64/1,77</b>	<b>24/0,75</b>
В том числе:			
Лекции		32/0,88	16/0,5
Лабораторные работы (ЛР)		32/0,88	8/0,25
<b>Самостоятельная работа (всего)</b>		<b>80/2,2</b>	<b>120/3,25</b>
В том числе:			
Рефераты		36/1	104/2,75
И (или) другие виды самостоятельной работы		-	
Подготовка к лабораторным работам		26/0,72	8/0,25
Подготовка к зачету		18/0,4	8/0,25
<b>Вид отчетности</b>		<b>экзамен</b>	
<b>Общая трудоемкость дисциплины</b>	<b>Всего в часах</b>	<b>144</b>	<b>144</b>
	<b>Всего в зач.ед.</b>	<b>4</b>	<b>4</b>

#### 5. Содержание дисциплины

## 5.1 разделы дисциплины и виды занятий

№ п/п	Наименование раздела Дисциплины	ОФО			ЗФО		
		Лекц. часы.	Лаб. занят. часы/з.е.	Всего часов ач.ед.	Лекц. часы.	Лаб. занят. часы/з.е.	Всего часов ач.ед.
1	Сейсмические волны в однородной изотропной идеально-упругой сплошной среде	8	8	16	4	2	6
2	Сейсмические волны в однородной анизотропной идеально-упругой сплошной среде	8	8	16	4		4
3	Сейсмические волны в однородной изотропной поглощающей сплошной среде	6	6	12	4		4
4	Сейсмические волны в однородной изотропной идеально-упругой дискретной среде	6	6	12	4		4
Итого		32	32	64	16	2	18

## 5.2 Лекционные занятия

№ пп	Наименование разделов дисциплины	Содержание раздела
1	2	3
1	<b>Введение. Сейсмические волны в однородной изотропной идеально-упругой сплошной сред.</b>	Теория упругости и волновое уравнение. Типы сейсмических волн, особенности их распространения в изотропных идеально-упругих средах. Волновое уравнение при наличии источников в среде. Общая формула Кирхгофа. Уравнение эйконала и уравнение переноса уравнение переноса. Образование вторичных волн на незеркально отражающей (рассеивающей) границе. Отражение ограниченных пучков волн. Каустики.

2	Сейсмические волны в однородной анизотропной идеально-упругой сплошной среде	Причины анизотропии. Тензоры упругих параметров при наличии анизотропии. Обобщенный закон Гука. Анизотропия скоростей. Микро-, макро- и квазианизотропия. Модели слабоанизотропных сред. Фронты волн, коэффициенты отражения / прохождения в анизотропных средах
3	Сейсмические волны в однородной изотропной поглощающей сплошной среде	Гипотезы неидеальной упругости, анализ факторов, приводящих к потерям энергии. Поглощение энергии. Q-фактор. Обобщение закона Гука на случай неидеально упругой среды. Дисперсия скоростей. Фазовая скорость. Коэффициент и декремент поглощения. Волновое уравнение для простейшей модели поглощающей среды и его спектральное решение. Комплексная частотно-волновая характеристика среды. Модели поглощающих сред. Модель Фойгта. Изучение влияния поглощения на сейсмический импульс
4	Сейсмические волны в однородной изотропной идеально-упругой дискретной среде	Факторы, учитываемые в несплошной модели. Пористость, проницаемость. Эмпирические зависимости с упругими константами. Эффективные упругие модели пористой среды. Модель сферической упаковки зёрен. Модели пород с трещинами. Модель Био. Волны в модели Био. Модели Герца-Миндлина, Дигби, Уолтона. Многокомпонентные модели с замещением флюида.
	<b>Всего за семестр</b>	<b>32</b>

### 5.3. Практические занятия – нет

### 6. Самостоятельная работа студентов по дисциплине:

Самостоятельная работа по дисциплине составляет: 80 часов.

Программой предусматривается самостоятельное освоение части разделов курса. Результатом изучения является реферат объемом 5-10 страниц. После собеседования и защиты реферата тема считается усвоенной. На изучение темы, составление реферата и защиту отводится - 3 часа.

## 6.1 Темы для самостоятельной работы

- 1 Диагностический признак сферической волны в решении волнового уравнения
- 2 Типы сейсмических волн по направлению смещения частиц при распространении волны
- 3 Вторичные волны на границе раздела при падении на нее плоской продольной волны
- 4 Вторичные волны минимально образующиеся на границе раздела при падении на нее плоской продольной волны
- 5 Критический угол
- 6 Источник в среде в формулировке интеграла Кирхгофа
- 7 Кинематические и динамические свойства волны
- 8 Уравнение эйконала
- 9 Лучевые амплитуды
- 10 Что такое каустики
- 11 Тонкий пласт для сейсморазведки

## 7.Оценочные средства

### Вопросы к первой рубежной аттестации

1. Исследование отражений от тонкого пласта
2. Исследование процессов на незеркальной границе раздела
3. Анализ закритических отражений
4. Сеточное моделирование на основе решения уравнения эйконала.
5. Границы применимости лучевого приближения
6. Виды анизотропных сред
7. Микро-, макро- и квазианизотропия
8. Моделирование фронтов волн в анизотропных средах
- 9.Определение параметров Томсена
10. Оценка добротности среды
11. Изучение дисперсии скоростей
12. Методы определения коэффициента поглощения
13. Изучение влияния поглощения на сейсмический импульс
14. Горная порода как многофакторная среда: скелет, флюид. Влияние пористости на скорости распространения волн.
15. Распространение волн в модели Био.

### Образец билета на аттестацию:

**Грозненский государственный нефтяной технический университет  
КАФЕДРА «ПРИКЛАДНАЯ ГЕОФИЗИКА И ГЕОИНФОРМАТИКА»**

**Дисциплина «Расп.сейсм.волн»**

**Первая рубежная аттестация**

**ИНГ, Специальность: НИ, семестр**

**Билет № 1**

1. Виды анизотропных сред.
2. Анализ закритических отражений.
3. Изучение влияния поглощения на сейсмический импульс.

Лектор \_\_\_\_\_

### **Вопросы ко второй рубежной аттестации**

1. Каков диагностический признак сферической волны в решении волнового уравнения
2. На какие типы можно подразделить сейсмические волны по направлению смещения частиц при распространении волны
3. Сколько вторичных волн максимально образуется на границе раздела при падении на нее плоской продольной волны
4. Сколько вторичных волн минимально образуется на границе раздела при падении на нее плоской продольной волны
5. Что такое критический угол
6. Как учитывается наличие источника в среде в формулировке интеграла Кирхгофа?
7. В каких предположениях описания кинематических и динамических свойств волны могут быть проведены независимо
8. Что описывает уравнение эйконала
9. Исходя из какого уравнения и в каких предположениях можно оценить лучевые амплитуды
10. Что такое каустики
11. Какой пласт считается тонким для сейсморазведки?
12. Каковы пределы разрешающей способности сейсморазведки и от чего они зависят?
13. Классификация границ раздела по соотношению с длиной волны .
14. Каковы основные причины вторичного (незеркального) излучения?
15. Геометрическая и физическая шероховатость границ.
16. Промоделировать на сетке на основе решения уравнения эйконала распространение волны от дифрактора.

### **Образец билета на аттестацию:**

**Грозненский государственный нефтяной технический университет  
КАФЕДРА «ПРИКЛАДНАЯ ГЕОФИЗИКА И ГЕОИНФОРМАТИКА»**

Дисциплина «распр.сейсм.волн»

**Вторая рубежная аттестация**

**ИНГ, Специальность: НИ, семестр**

**Билет № 1**

1. Что такое критический угол
2. Что описывает уравнение эйконала.
3. Геометрическая и физическая шероховатость границ.

Лектор \_\_\_\_\_

#### **Вопросы к зачету**

1. Исследование отражений от тонкого пласта
2. Исследование процессов на незеркальной границе раздела
3. Анализ закритических отражений
4. Сеточное моделирование на основе решения уравнения эйконала.
5. Границы применимости лучевого приближения
6. Виды анизотропных сред
7. Микро-, макро- и квазианизотропия
8. Моделирование фронтов волн в анизотропных средах
9. Определение параметров Томсена
10. Оценка добротности среды
11. Изучение дисперсии скоростей
12. Методы определения коэффициента поглощения
13. Изучение влияния поглощения на сейсмический импульс
14. Горная порода как многофакторная среда: скелет, флюид. Влияние пористости на скорости распространения волн.
15. Распространение волн в модели Био.
16. Каков диагностический признак сферической волны в решении волнового уравнения
17. На какие типы можно подразделить сейсмические волны по направлению смещения частиц при распространении волны
18. Сколько вторичных волн максимально образуется на границе раздела при падении на нее плоской продольной волны
19. Сколько вторичных волн минимально образуется на границе раздела при падении на нее плоской продольной волны
20. Что такое критический угол
21. Как учитывается наличие источника в среде в формулировке интеграла Кирхгофа?
22. В каких предположениях описания кинематических и динамических свойств волны могут быть проведены независимо
23. Что описывает уравнение эйконала
24. Исходя из какого уравнения и в каких предположениях можно оценить лучевые амплитуды



25. Что такое каустики
26. Какой пласт считается тонким для сейморазведки?
27. Каковы пределы разрешающей способности сейморазведки и от чего они зависят?
28. Классификация границ раздела по соотношению с длиной волны.
29. Каковы основные причины вторичного (незеркального) излучения?
30. Геометрическая и физическая шероховатость границ.
31. Промоделировать на сетке на основе решения уравнения эйконала распространение волны от дифрактора.

**Образцы билетов на зачет:**

**Грозненский государственный нефтяной технический университет  
КАФЕДРА «ПРИКЛАДНАЯ ГЕОФИЗИКА И ГЕОИНФОРМАТИКА»**

Дисциплина «Распр.сейсм.волн»  
ИНГ, Специальность: НИ, семестр

**Билет № 1**

1. Сколько вторичных волн максимально образуется на границе раздела при падении на нее плоской продольной волны.
2. Методы определения коэффициента поглощения ния.
3. Промоделировать на сетке на основе решения уравнения эйконала распространение волны от дифрактора.

**Лектор каф. «ПГ и Г» \_\_\_\_\_**

**8. Учебно-методическое и информационное обеспечение дисциплины**

**а) основная литература**

1. Воскресенский Ю.Н. Полевая геофизика. -М.:ООО «Изд-ский дом Недра», 2010.-479с.(имеется в библиотеке ГГНТУ)
2. Геофизика: учебник / Под ред.В.К.Хмелевского.-3-е изд.-М.: КДУ, 2012.-320с.(имеется в библиотеке ГГНТУ)
3. Хмелевской В.К. Геофизика - М.: КДУ, 2007.-320 (библиотека каф.ПГ и Г)
4. Абрамов В.Ю., Бровкин В.И. Основы геофизики и интерпретации геофизических методов. М.: Изд-во РУДН, 2008. 204 с. .(имеется в библиотеке ГГНТУ)

**б) Дополнительная литература:**

1. Гайнанов В.Г. Сейморазведка. Уч. пособие. М.: МГУ, 2006. 149 с.
2. Груздев В.Н., Антонова И.Ю. Геофизика. Практикум для вузов. Часть 1. Воронеж: Издательско-полиграфический центр ВГУ, 2007. 41 с.
3. Гацаева С.С-А. Лабораторный практикум по курсу «Разведочная геофизика» - Грозный.:2011.-11с (имеется в библиотеке ГГНТУ)

**г) интернет- ресурсы:**

[www.dmng.ru/seisview/seisee.ru.html](http://www.dmng.ru/seisview/seisee.ru.html).

[geo.web.ru](http://geo.web.ru)

<http://www.rsl.ru>

## **9. Материально-техническое обеспечение дисциплины**

-лаборатория полевой геофизики оборудованное современным оборудованием и аппаратурой для проведения геофизических исследований (лаб. 0-31);

-лаборатория обработки и интерпретации геофизических данных содержащий комплекс программ для оцифровки и автоматизированной визуальной интерпретации результатов геофизических (лаб.3-24а);

Для проведения качественного обучения в лабораториях используются представленные ведущими геофизическими организациями (предприятиями) аппаратура и оборудование, а также программные комплексы современного уровня.

В лабораториях содержатся электронные версии методических указаний к лабораторным работам.

**РАЗРАБОТЧИК:**

Ст. преп. кафедры "ПГ и Г"



/Гацаева С.С.-А./

**СОГЛАСОВАНО:**

Зав. кафедрой «ПГ и Г»



/Эльжаев А.С./

Директор ДУМР



/Магомаева М.А./