

Н.В. Шалаева

ДИНАМИЧЕСКИЕ ЗАДАЧИ МЕТОДА ОТРАЖЕННЫХ ВОЛН

УЧЕБНОЕ ПОСОБИЕ

**по курсу «Динамические задачи
метода отраженных волн»**

МОСКОВСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ
имени М.В. Ломоносова
ГЕОЛОГИЧЕСКИЙ ФАКУЛЬТЕТ
КАФЕДРА СЕЙСМОМЕТРИИ И ГЕОАКУСТИКИ

Н.В. Шалаева

ДИНАМИЧЕСКИЕ ЗАДАЧИ МЕТОДА ОТРАЖЕННЫХ ВОЛН

Учебное пособие по курсу

«Динамические задачи метода отраженных волн»



УДК 550.834
ББК 26.2
Ш18

Рекомендовано УМС геологического факультета МГУ
в качестве учебного пособия для студентов,
обучающихся по направлению «Геология»

Рецензенты:

доктор физ.-мат. наук, профессор, зав. кафедрой сейсмометрии и геоакустики
геологического факультета МГУ имени М.В. Ломоносова *М.Л. Владов*
доктор физ.-мат. наук, профессор, зав. кафедрой геофизических методов исследования
земной коры геологического факультета МГУ имени М.В. Ломоносова *А.А. Булычев*

Шалаева Н.В.

Ш18 Динамические задачи метода отраженных волн : учебное пособие
по курсу «Динамические задачи метода отраженных волн» / Н.В. Ша-
лаева. – М. : «КДУ», 2024. – 152 с.

ISBN 978-5-00247-025-9

Данное пособие соответствует курсу лекций для студентов 1 года маги-
стратуры кафедры сейсмометрии и геоакустики геологического факультета
МГУ имени М.В. Ломоносова.

В пособии рассмотрены теоретические вопросы, связанные с явлениями,
определяющими динамические характеристики сейсмического волнового поля
и прежде всего – отраженных волн. В приближении плоских гармонических
волн исследуется распространение волн в неоднородных средах по мере услож-
нения моделей сред: идеально-упругие однородные, анизотропные, тонкослой-
ные, вязкоупругие. Описано распространение поверхностных волн различных
типов. Рассмотрено отражение сферических волн от плоской границы и волны,
порождаемые этой границей. Дан краткий обзор методов решения прямой ди-
намической задачи сейсморазведки.

Пособие ориентировано на студентов – геофизиков старших курсов.

УДК 550.834
ББК 26.2

ISBN 978-5-00247-025-9

© Шалаева Н.В., 2024
© Издательство «КДУ», 2024

Оглавление

Предисловие.....	
Введение.....	
Глава 1. Основные положения теории.....	
Глава 2. Свойства плоских волн в упругих средах.....	
2.1. Плоские гармонические волны.....	
2.2. Неоднородные плоские гармонические волны.....	
2.3. Потенциалы плоских волн.....	
2.4. Выражение смещений и давлений.....	
Глава 3. Отражение и преломление упругими однородными изотропными средами.....	
3.1. Граничные условия.....	
3.2. Отражение и преломление на границе.....	
3.3. Отражение и преломление плоских волн.....	
3.4. Отражение и прохождение Р-волн на границе.....	
3.5. Отражение и прохождение Р-волн в полупространстве.....	
3.6. Граница двух упругих полупространств.....	
3.7. Потери на преломление при прохождении волн через плоские границы.....	
Глава 4. Волны в однородном упругом теле.....	
4.1. Влияние свободной поверхности.....	
4.2. Отражение и преломление волн на границе.....	
Глава 5. Поверхностные волны в упругих средах.....	
5.1. Волны Рэлея в однородном упругом теле.....	
5.2. Волна Шольте/Стоунли на границе.....	
5.3. Волны Лява.....	
Глава 6. Отражение плоских волн в анизотропных средах.....	
6.1. Полярно-анизотропная среда.....	

го факультета МГУ
для студентов,
ию «Геология»

ой сейсмометрии и геоакустики
.В. Ломоносова М.Л. Владов
юфизических методов исследования
ени М.В. Ломоносова А.А. Булычев

енных волн : учебное пособие
отраженных волн» / Н.В. Ша-

экий для студентов 1 года маги-
стики геологического факультета

вопросы, связанные с явлениями,
ки сейсмического волнового поля
тижении плоских гармонических
днородных средах по мере услож-
зные, анизотропные, тонкослой-
е поверхностных волн различных
олн от плоской границы и волны,
зор методов решения прямой ди-

офизиков старших курсов.

УДК 550.834

ББК 26.2

© Шалаева Н.В., 2024

© Издательство «КДУ», 2024

Оглавление	
Предисловие.....	5
Введение.....	7
Глава 1. Основные положения теории упругости	9
Глава 2. Свойства плоских волн в упругих средах.....	18
2.1. Плоские гармонические волны	18
2.2. Неоднородные плоские гармонические волны.....	20
2.3. Потенциалы плоских волн	22
2.4. Выражение смещений и давления через потенциалы.....	22
Глава 3. Отражение и преломление плоских волн на плоской границе между упругими однородными изотропными полупространствами	25
3.1. Граничные условия	25
3.2. Отражение и преломление на границе упругих сред (нормальное падение).....	27
3.3. Отражение и преломление плоских волн SH на плоской границе	29
3.4. Отражение и прохождение Р-волн на границе жидких сред (наклонное падение).....	33
3.5. Отражение и прохождение Р-волн на границе жидкого и твердого полупространств.....	36
3.6. Граница двух упругих полупространств	38
3.7. Потери на преломление при прохождении плоской волны через плоские границы	42
Глава 4. Волны в однородном упругом полупространстве со свободной границей	45
4.1. Влияние свободной поверхности на величину смещения	45
4.2. Отражение и преломление плоских волн на плоской свободной границе	46
Глава 5. Поверхностные волны в упругой среде	51
5.1. Волны Рэлея в однородном полупространстве со свободной границей.....	51
5.2. Волна Шольте/Стоунли на границе жидкого и упругого полупространств.....	55
5.3. Волны Лява	57
Глава 6. Отражение плоских волн на границе анизотропных сред.	62
6.1. Полярно-анизотропная среда (ВТИ)	63

6.2. Азимутально-анизотропная среда (ГТИ).....	68
6.3. Коэффициент отражения Р-волны на границе сред с вертикальной осью симметрии (ВТИ) или полярно-анизотропных сред	70
Глава 7. Отражение плоской волны от плоского слоя	76
7.1. Отражение плоской волны от тонкого однородного слоя с плоскими границами.	76
7.2. Отражение плоской волны от градиентного слоя.....	85
Глава 8. Распространение плоских волн в поглощающих и рассеивающих средах.....	89
8.1. Основные понятия.....	89
8.3. Дисперсия скорости, обусловленная поглощением	92
8.4. Теоретические модели изотропных поглощающих сред	93
8.5. Влияние поглощения на сейсмический импульс.....	100
8.7. Экспериментальные измерения поглощения	102
8.8. Методы оценки поглощения по сейсмическим данным.....	104
8.9. Отражение плоских волн на границе неидеально-упругих сред	107
8.10. Рассеяние на неоднородностях среды.	109
Глава 9. Отражение сферической волны от плоской границы.....	112
9.1. Поле точечного источника, понятие ближней и дальней зоны.....	112
9.2. Представление сферической волны как суммы плоских волн.....	114
9.3. Отражение сферической волны от плоской границы	118
9.4. Головная волна.....	120
9.5. Волна Рэлея.....	124
Глава 10. Краткий обзор методов решения прямой динамической задачи – математического моделирования волновых полей	126
10.1. Асимптотические методы.	127
10.2. Методы, базирующиеся на разложении по плоским волнам	133
10.3. Матричные методы.	134
10.4. Прямые численные методы.....	138
10.5. Методы, использующие интегральные уравнения.....	142
Список литературы	146

Предисловие

Идея данного курса принадлежала профессору геологического факультета Калининского университета, который и начинал его текстов своих лекций.

Теоретические основы сейсмологии практически все проблемы динамики учебниках и монографиях, среди которых «Количественная сейсмология» К. А. Бреховских, «Введение в сейсмологию» А.А.Кауфмана и А.Л.Левшина. Огромным справочником на эту тему стала монография «Сейсмология».

Эти блестящие книги, естественно, не вошли в данное пособие, задача которого будут рассмотрены только прямые задачи, относящиеся к методу отражения. Некоторые аспекты, связанные с поверхностными и головными волнами, так же, как и задача проанализировать в пределах основных факторов, влияющих на сейсмические волны, распространяющиеся в среде, решены указанной задачей приняты рассматриваются либо наиболее важные волны (плоские гармонические и сферические). Основной принцип пособия – от изотропной идеально-упругой среды к слоистой, поглощающей или трансформирующей.

В пособии можно выделить особенности распространения плоских волн, когда процессы отражения-преломления частотного состава сейсмического сигнала рассматриваются процессы, вызывающие резонансы.

В представлении о моделировании терминологии, предложенной в несплошной (пористой, трещиноватой) среде, неоднородные и т.д.

Пособие построено следующим образом: первая и вторая главы – главы, посвященные основным понятиям теории упругости, известные студентам из более ранних курсов.

Учебное издание

Шалаева Наталия Владимировна

Динамические задачи метода отраженных волн

Учебное пособие

Компьютерная верстка ООО «Эксперт-диагностика»

Подписано в печать 20.05.2024.
Заказ № Т-2310. Бумага офсетная.
Формат 60×84/8. Усл. печ. л. 17,67.
Печать цифровая. Тираж 70 экз.

Издательство «КДУ»
Тел.: (495) 638-57-34
www.kdu.ru