

Министерство образования и науки РФ

Российский Государственный Университет нефти и газа имени И.М. Губкина

«УТВЕРЖДАЮ»

Первый проректор

профессор М.А. Силин

«___» _____ 201__ г

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ

Распространение сейсмических волн

Направление (специальность) подготовки

130200 — Технологии геологической разведки

Специализации:

Сейсморазведка

Квалификация (степень) выпускника

Специалист

Форма обучения

Очная

Москва, 2010

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 ООП ВПО

Дисциплина «Распространение сейсмических волн» представляет собой дисциплину базовой части цикла профессиональных дисциплин (С3) и относится к специализации «Сейсморазведка».

Дисциплина базируется на дисциплинах математического, естественно-научного цикла (С2) и цикла профессиональных дисциплин (С3), служит логическим продолжением курсов «Теория поля» и «Упругие волны в сплошных средах» и формирует знания студентов для освоения профессиональных дисциплин (С3): «Современные алгоритмы обработки данных сейсморазведки», «Построение сейсмических изображений», «Современные проблемы геофизики».

3 КОМПЕТЕНЦИИ ОБУЧАЮЩЕГОСЯ, ФОРМИРУЕМЫЕ В РЕЗУЛЬТАТЕ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

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

обобщать, анализировать, воспринимать информацию, ставить цели и выбирать пути ее достижения (ОК-2);

логически верно, аргументировано и ясно строить устную и письменную речь (ОК-3);

саморазвивать, повышать свою квалификацию и мастерство (ОК-9);

организовать свой труд на научной основе, самостоятельно оценить результаты своей деятельности; владения навыками самостоятельной работы, в том числе в сфере проведения научных исследований (ПК-4);

понимать физическую сущность явлений, регистрируемых в сейсмических волновых полях, ставить и решать проблемы извлечения геолого-геофизической информации из волновых полей (ПСК-4.1);

решать прямые и обратные (некорректные) задачи геофизики, иметь высокий уровень фундаментальной подготовки (ПСК-4.2);

В результате освоения дисциплины, обучающийся должен демонстрировать следующие результаты образования:

Студент знает:

- основные уравнения, описывающие поля сейсмических волн, энергетические соотношения и физические процессы, происходящие при их распространении (ОК-2, 3, 9; ПК-4; ПСК-4.1, 4.2);

- физические процессы, происходящие на границе раздела сред, параметры преломления и отражения плоских волн, уравнения Цёппритца, теорию полей времён (ОК-2, 3, 9; ПК-4; ПСК-4.1, 4.2);

- способы классификации моделей геологических сред, структуру и способы моделирования волновых полей (ОК-2, 3, 9; ПК-4; ПСК-4.1, 4.2);

- базовые представления о распространении волн в анизотропных, поглощающих, дискретных, неоднородных средах (ОК-2, 3, 9; ПК-4; ПСК-4.1, 4.2).

Студент умеет:

- рассчитывать характеристики поля элементарных излучателей (ПСК-4.1, 4.2);
- оценивать упругие свойства произвольной среды в сейсмическом диапазоне частот, рассчитывать амплитуду, скорость распространения и длину волны (ПСК-4.1, 4.2);

4 СТРУКТУРА И СОДЕРЖАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

Общая трудоёмкость дисциплины составляет 3 зачётные единицы, 108 часов.

№ п/п	Раздел дисциплины	Семестр	Неделя	Виды учебной работы, включая самостоятельную работу студентов и трудоемкость (в часах)	Формы текущего контроля успеваемости (по неделям семестра). Форма промежуточной аттестации (по семестрам)
1		7	1 - 18	Л (18) С (18) ЛАБ (18) СР (54)	6, 10 нед. – КР зачёт, экзамен

Л – лекции, ПЗ – практические занятия, С – семинары, ЛАБ — лабораторный практикум, СР – самостоятельная работа, КОЛ – коллоквиумы, КР – контрольные работы.

Курс «Распространение сейсмических волн» подразделяется на следующие разделы: сейсмические волны в однородной изотропной идеально-упругой сплошной среде; сейсмические волны в однородной анизотропной идеально-упругой сплошной среде; сейсмические волны в однородной изотропной поглощающей сплошной среде; сейсмические волны в однородной изотропной идеально-упругой дискретной среде;.

Темы, разделы дисциплины	Число часов Л/С/ЛАБ	Коды компетенций	Общее количество компетенций
1. Сейсмические волны в однородной изотропной идеально-упругой сплошной среде	5/5/5	ОК-2, 3, 9; ПК-4; ПСК-4.1, 4.2	6
2. Сейсмические волны в однородной анизотропной идеально-упругой сплошной среде	4/4/4	ОК-2, 3, 9; ПК-4; ПСК-4.1, 4.2	6
3. Сейсмические волны в однородной изотропной поглощающей сплошной среде	5/5/5	ОК-2, 3, 9; ПК-4; ПСК-4.1, 4.2	6
4. Сейсмические волны в однородной изотропной идеально-упругой дискретной среде	4/4/4	ОК-2, 3, 9; ПК-4; ПСК-4.1, 4.2	6

4.1. Содержание разделов дисциплины

4.1.1. Сейсмические волны в однородной изотропной идеально-упругой сплошной среде

Повторение. 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.

Исследование отражений от тонкого пласта.

Образование вторичных волн на незеркально отражающей (рассеивающей) границе.

Отражение ограниченных пучков волн. Каустики.

4.1.2. Сейсмические волны в однородной анизотропной идеально-упругой сплошной среде

Причины анизотропии. Тензоры упругих параметров при наличии анизо-

тропии. Обобщенный закон Гука. Анизотропия скоростей. Микро-, макро- и квазианизотропия. Модели слабоанизотропных сред.

Фронты волн, коэффициенты отражения / прохождения в анизотропных средах

4.1.3. 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. Теорема разложения Хевисайда. Функции Бесселя. Модели поглощающих сред. Модель Фойгта.

Изучение влияния поглощения на сейсмический импульс

4.1.4. Сейсмические волны в однородной изотропной идеально-упругой дискретной среде

Факторы, учитывающиеся в несплошной модели. Пористость, проницаемость. Эмпирические зависимости с упругими константами.

Эффективные упругие модели пористой среды. Модель сферической упаковки зёрен. Модели пород с трещинами. Модель Гассмана. Модель Био. Волны в модели Био. Модели Герца-Миндлина, Дигби, Уолтона. Многокомпонентные модели с замещением флюида.

4.2. Основные темы семинарских занятий, лабораторных практикумов

4.2.1. Сейсмические волны в однородной изотропной идеально-упругой сплошной среде

ЛАБ1. Исследование отражений от тонкого пласта

ЛАБ2. Исследование процессов на незеркальной границе раздела

С1. Анализ закритических отражений

С2. Сеточное моделирование на основе решения уравнения эйконала

С3. Границы применимости лучевого приближения

4.2.2. Сейсмические волны в однородной анизотропной идеально-упругой сплошной среде

С4. Виды анизотропных сред

С5. Микро-, макро- и квазианизотропия

ЛАБ3. Моделирование фронтов волн в анизотропных средах

ЛАБ4. Определение параметров Томсена

4.2.3. Сейсмические волны в однородной изотропной поглощающей сплошной среде

С6. Оценка добротности среды

С7. Изучение дисперсии скоростей

С8. Методы определения коэффициента поглощения

ЛАБ5. Изучение влияния поглощения на сейсмический импульс

4.2.4. Сейсмические волны в однородной изотропной идеально-упругой дискретной среде

С9. Горная порода как многофакторная среда: скелет, флюид. Влияние пористости на скорости распространения волн.

ЛАБ6. Распространение волн в модели Био.

5 ОБРАЗОВАТЕЛЬНЫЕ ТЕХНОЛОГИИ

При реализации программы дисциплины «Распространение сейсмических волн» используются различные образовательные технологии: аудиторные заня-

тия (54 часа) проводятся в виде лекций с применением ПК и компьютерного проектора; семинарские занятия и лабораторные работы включают разбор классических и современных задач теории распространения волн с целью формирования и развития профессиональных навыков обучающихся, самостоятельная работа студентов (54 часа) предусматривает работу под руководством преподавателей (консультации) и выполнение домашних заданий (ДЗ) и рефератов (Р).

Усвоенные знания в дальнейшем служат основой для изучения специальных дисциплин.

6 ОЦЕНОЧНЫЕ СРЕДСТВА ДЛЯ ТЕКУЩЕГО КОНТРОЛЯ УСПЕВАЕМОСТИ, ПРОМЕЖУТОЧНОЙ АТТЕСТАЦИИ ПО ИТОГАМ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ И УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ САМОСТОЯТЕЛЬНОЙ РАБОТЫ СТУДЕНТОВ

В ходе преподавания курса «Распространение сейсмических волн» в качестве форм текущей аттестации студентов используются такие формы как: собеседования при приеме расчетных работ, коллоквиумы с обсуждением реферативных работ, контрольные работы с оценкой.

По итогам обучения проводятся зачет и экзамен.

6.1. Оценочные средства для текущего контроля успеваемости

Раздел 1. Сейсмические волны в однородной изотропной идеально-упругой сплошной среде (ОК-2, 3, 9; ПК-4; ПСК-4.1, 4.2)

1КВ1. Каков диагностический признак сферической волны в решении волнового уравнения?

1КВ2. На какие типы можно подразделить сейсмические волны по направлению смещения частиц при распространении волны?

1КВ3. Сколько вторичных волн максимально образуется на границе раздела при

падении на нее плоской продольной волны?

1KB4. Сколько вторичных волн минимально образуется на границе раздела при падении на нее плоской продольной волны?

1KB5. Что такое критический угол?

1KB6. Как учитывается наличие источника в среде в формулировке интеграла Кирхгофа?

1KB7. В каких предположениях описания кинематических и динамических свойств волны могут быть проведены независимо?

1KB8. Что описывает уравнение эйконала?

1KB9. Исходя из какого уравнения и в каких предположениях можно оценить лучевые амплитуды?

1KB10. Что такое каустики?

1KB11. Какой пласт считается тонким для сейсморазведки?

1KB12. Каковы пределы разрешающей способности сейсморазведки и от чего они зависят?

1KB13. Классификация границ раздела по соотношению с длиной волны

1KB14. Каковы основные причины вторичного (незеркального) излучения?

1KB15. Геометрическая и физическая шероховатость границ.

1Д31. Промоделировать на сетке на основе решения уравнения эйконала распространение волны от дифрактора.

1Д32. Промоделировать на сетке на основе решения уравнения эйконала распространение волны от заданного фронта.

1Р1. Спектральное решение волнового уравнения

1Р2. История решений волнового уравнения

1Р3. Волны вблизи каустик

1Р4. Высокочастотные приближения волнового уравнения

Раздел 2. Сейсмические волны в однородной анизотропной идеально-упругой сплошной среде

(ОК-2, 3, 9; ПК-4; ПСК-4.1, 4.2)

- 2KB1. Сколько параметров содержит матрица упругих констант для произвольной анизотропной сплошной однородной среды и почему?
- 2KB2. На каком основании для разных сред производится уменьшение числа независимых упругих констант в обобщенном законе Гука?
- 2KB3. Типы скоростей в сейсморазведке.
- 2KB4. Что характеризуют параметры Томсена?
- 2KB5. ВПИ-среда и ее свойства
- 2KB6. ГПИ-среда и ее свойства
- 2KB7. Квазианизотропия скоростей, причина и проявления
- 2KB8. Как изменяется фронт волны в анизотропной среде?
- 2KB9. Каковы условия применимости «слабой» анизотропии?
- 2KB10. Основные причины и проявления микроанизотропии?
- 2KB11. Основные причины и проявления макроанизотропии?
- 2Д31. Смоделировать фронт волны от точечного источника в ВПИ-среде
- 2Д32. Смоделировать фронт волны от плоской жесткой границы в наклонно-поперечно-изотропной среде
- 2Р1. Классы симметрии при описании анизотропных сред
- 2Р2. Модификации уравнений Цёппритца для анизотропных сред

Раздел 3. Сейсмические волны в однородной изотропной поглощающей сплошной среде

(ОК-2, 3, 9; ПК-4; ПСК-4.1, 4.2)

- 3KB1. Какие факторы приводят к ослаблению амплитуды волны в идеально-упругой среде?
- 3KB2. Каков характер экспериментального изучения ослабления амплитуд по сравнению с теоретически предсказанным для реальных сред?
- 3KB4. В чем причина неидеальной упругости среды?
- 3KB5. Гипотеза вязкого трения
- 3KB6. Гипотеза упругого последствия
- 3KB7. Что характеризует добротность среды?

- 3KB8. Как учитывается поглощение при записи закона Гука?
- 3KB9. Что характеризует фазовая скорость?
- 3KB10. Что такое групповая скорость?
- 3KB11. Дайте определение коэффициента поглощения
- 3KB12. Дайте определение декремента поглощения
- 3ДЗ1. Проанализировать изменение формы импульса в поглощающей среде на разных удалениях от источника
- 3ДЗ2. Рассчитать амплитуду регистрируемой волны при заданных параметрах поглощения среды.
- 3Р1. Спектральное решение волнового уравнения для поглощающей среды
- 3Р2. Теорема Хевисайда
- 3Р3. Функции Бесселя и их использование в сейсморазведке

Раздел 4. Сейсмические волны в однородной изотропной идеально-упругой дискретной среде

(ОК-2, 3, 9; ПК-4; ПСК-4.1, 4.2)

- 4KB1. Каковы эмпирические зависимости скоростей сейсмических волн от коэффициента пористости?
- 4KB2. Каковы эмпирические зависимости скоростей сейсмических волн от коэффициента проницаемости?
- 4KB3. Какие компоненты горной породы следует рассматривать в дискретных средах?
- 4KB4. Модели упаковки зерен скелета породы
- 4KB5. Модель Гассмана
- 4KB6. Модель Герца-Миндлина и ее свойства
- 4KB7. Модель Дигби и ее свойства
- 4KB8. Модель Уолтона и ее свойства
- 4ДЗ1. Рассчитать основные параметры породы для заданного типа упаковки зерен
- 4ДЗ2. Определить изменение скоростей сейсмических волн в различных моде-

лях порового пространства по сравнению со сплошной средой.

6.2. Оценка уровня сформированности компетенций

Коды компетенций	Уровень освоения	Оценочные средства		
		Уровень сформированности компетенции		
		Допороговый	Пороговый	Надпороговый
ОК-2	Знания	1КВ2	1КВ6	1КВ12
	Умения	-	-	-
	Навыки	-	-	-
ОК-3	Знания	1Р2	1Р4	1Р3
	Умения	-	-	-
	Навыки	-	-	-
ОК-9	Знания	2КВ4	2Р1	2Р2
	Умения	-	-	-
	Навыки	-	-	-
ПК-4	Знания	3Р2	3Р1	3Р3
	Умения	-	-	-
	Навыки	-	-	-
ПСК-4.1	Знания	1КВ11	1КВ14	3КВ2
	Умения	3Д31	4Д31	4Д32
	Навыки	-	-	-
ПСК-4.2	Знания	4КВ3	4КВ1	2КВ9
	Умения	3Д33	2Д31	2Д32
	Навыки	-	-	-

7 УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ И ИНФОРМАЦИОННОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

а) основная литература

1. Кауфман А.А., Левшин А.Л. Введение в теорию геофизических методов. Часть V. Акустические и упругие волновые поля в геофизике. – М.: Недра, 2006.
2. Кауфман А.А., Левшин А.Л., Ларнер К.Л. Введение в теорию геофизических методов. Часть IV. Акустические и упругие волновые поля в геофизике. – М.: Недра, 2003.

3. Козлов Е.А. Модели среды в разведочной сейсмологии. – Тверь: ГЕРС, 2006.
4. Кондратьев О.К. Отраженные волны в тонкослоистых средах. – М.: Наука, 1976
5. Кондратьев О.К. Сейсмические волны в поглощающих средах. – М.: Недра, 1986.
6. Рябинкин Л.А. Теория упругих волн. – М.: Недра, 1987.
7. Уайт Дж. Э. Возбуждение и распространение сейсмических волн. – М.: Недра, 1986.

б) Дополнительная литература:

1. Уотерс К. Отражательная сейсмология. – М.: Мир, 1981.
2. Саваренский Е.Ф., Кирнос Д.П. Элементы сейсмологии и сейсмометрии. – М.: Техтеориздат, 1955.
3. Аки К., Ричардс П. Количественная сейсмология. Том 1, 2. – М.: Мир, 1983.
4. Бреховских Л.М. Волны в слоистых средах. – М.: АН СССР, 1957.
5. Сейсморазведка: справочник геофизика. Том 1, 2. М.: Недра, 1993.

8 МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

Компьютерные классы с программным обеспечением и мультимедиа-проектором.

Слайды и компьютерные презентации по различным темам дисциплины.

Программные комплексы моделирования упругих процессов в геологических средах.

Программа составлена в соответствии с требованиями ФГОС ВПО с учетом рекомендаций и примерной ООП ВПО по направлению 130200 «Техноло-

гии геологической разведки» и профилю «Сейсморазведка»

Автор: доц. Белоусов А.В.

Рецензент:

Программа одобрена на заседании Ученого совета РГУ нефти и газа имени
И.М. Губкина от _____ года, протокол № _____.