

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ  
Федеральное государственное автономное учреждение  
высшего профессионального образования  
"Казанский (Приволжский) федеральный университет"  
Институт геологии и нефтегазовых технологий



подписано электронно-цифровой подписью

**Программа дисциплины**

Дополнительные главы сейсморазведки БЗ.ДВ.3

Направление подготовки: 020700.62 - Геология

Профиль подготовки: Геофизика

Квалификация выпускника: бакалавр

Форма обучения: очное

Язык обучения: русский

**Автор(ы):**

Степанов А.В.

**Рецензент(ы):**

Борисов А.С.

**СОГЛАСОВАНО:**

Заведующий(ая) кафедрой: Нургалиев Д. К.

Протокол заседания кафедры No \_\_\_\_ от " \_\_\_\_ " \_\_\_\_\_ 201\_\_г

Учебно-методическая комиссия Института геологии и нефтегазовых технологий:

Протокол заседания УМК No \_\_\_\_ от " \_\_\_\_ " \_\_\_\_\_ 201\_\_г

Регистрационный No 331714

Казань

2014

## **Содержание**

1. Цели освоения дисциплины
2. Место дисциплины в структуре основной образовательной программы
3. Компетенции обучающегося, формируемые в результате освоения дисциплины /модуля
4. Структура и содержание дисциплины/ модуля
5. Образовательные технологии, включая интерактивные формы обучения
6. Оценочные средства для текущего контроля успеваемости, промежуточной аттестации по итогам освоения дисциплины и учебно-методическое обеспечение самостоятельной работы студентов
7. Литература
8. Интернет-ресурсы
9. Материально-техническое обеспечение дисциплины/модуля согласно утвержденному учебному плану

Программу дисциплины разработал(а)(и) доцент, к.н. (доцент) Степанов А.В. кафедра геофизики и геоинформационных технологий Институт геологии и нефтегазовых технологий , Andrey.Stepanov@kpfu.ru

## 1. Цели освоения дисциплины

Ознакомить студентов с теоретическими основами вибросейсморазведки и верти-кального сейсмического профилирования, проектирования систем наблюдения 3D, ос-новными алгоритмами цифровой обработки сейсмической информации, а также обу-чить их технологии цифровой обработки сейсмической информации в объеме графа предварительной обработки, проводимом на базе полевой сейсмопартии

## 2. Место дисциплины в структуре основной образовательной программы высшего профессионального образования

Данная учебная дисциплина включена в раздел " Б3.ДВ.3 Профессиональный" основной образовательной программы 020700.62 Геология и относится к дисциплинам по выбору. Осваивается на 4 курсе, 7, 8 семестры.

Дисциплина по выбору Б3.ДВ3. Для изучения дисциплины "Дополнительные главы сейсморазведки" необходимо освоить курсы математики, информатики, теории поля, петрофизики, сейсморазведки в объеме математического и профессионального циклов бакалавриата. Изучается в 7 и 8 семестре на 4 курсе.

## 3. Компетенции обучающегося, формируемые в результате освоения дисциплины /модуля

В результате освоения дисциплины формируются следующие компетенции:

Шифр компетенции	Расшифровка приобретаемой компетенции
ОК-13 (общекультурные компетенции)	приобретение навыков работы с компьютером как средством управления ин-формацией
ПК-14 (профессиональные компетенции)	способен пользоваться нормативными документами, определяющими качество проведения полевых, лабораторных, вычислительных и интерпретационных геологи-ческих, геофизических, геохимических, гидрогеологических, нефтегазовых и эколого-геологических работ (в соответствии с профилем подготовки)
ПК-5 (профессиональные компетенции)	готов к работе на полевых и лабораторных геологических, геофизических, гео-химических приборах, установках и оборудовании (в соответствии с профилем подго-товки)
ПК-8 (профессиональные компетенции)	способен в составе научно-исследовательского коллектива участвовать в составлении отчетов, рефератов, библиографий по тематике научных исследований, в подготовке публикаций

В результате освоения дисциплины студент:

1. должен знать:

основные понятия, методы и технологии сейсморазведки, входящие в программу курса;  
математические основы цифровой обработки полевых сейсмозаписей,  
математические модели сейсмозаписей,  
организацию системы компьютерной обработки сейсмической информации.

2. должен уметь:

применять математические методы, относящиеся ко всем разделам курса, при решении профессиональных задач.

составлять задания в системе цифровой обработки сейсмической информации.

3. должен владеть:

технологией выполнения ряда процедур графа обработки, которые изучаются в данном курсе.

4. должен демонстрировать способность и готовность:

Студент должен демонстрировать способность анализа сейсмических волновых полей, идентифицировать полезные компоненты поля и регулярный и случайный шум. Студент должен демонстрировать готовность организовать процесс компьютерной цифровой обработки полевых сейсмических материалов в объёме задач полевого мобильного вычислительного комплекса на базе сейсмической партии.

4. Структура и содержание дисциплины/ модуля

Общая трудоемкость дисциплины составляет 12 зачетных(ые) единиц(ы) 432 часа(ов).

Форма промежуточного контроля дисциплины зачет в 7 семестре; экзамен в 8 семестре.

Суммарно по дисциплине можно получить 100 баллов, из них текущая работа оценивается в 50 баллов, итоговая форма контроля - в 50 баллов. Минимальное количество для допуска к зачету 28 баллов.

86 баллов и более - "отлично" (отл.);

71-85 баллов - "хорошо" (хор.);

55-70 баллов - "удовлетворительно" (удов.);

54 балла и менее - "неудовлетворительно" (неуд.).

4.1 Структура и содержание аудиторной работы по дисциплине/ модулю

Тематический план дисциплины/модуля

N	Раздел Дисциплины/ Модуля	Семестр	Неделя семестра	Виды и часы аудиторной работы, их трудоемкость (в часах)			Текущие формы контроля
				Лекции	Практические занятия	Лабораторные работы	
1.	Тема 1. Сигналы и системы.	7	1-2	4	0	2	
2.	Тема 2. Операция свёртывания функций (конволюция).	7	2-3	4	0	8	
3.	Тема 3. Понятие о спектральном преобразовании сигналов.	7	3-4	8	0	8	
4.	Тема 4. Процесс дискретизации сейсмических сигналов.	7	4-5	6	0	10	

N	Раздел Дисциплины/ Модуля	Семестр	Неделя семестра	Виды и часы аудиторной работы, их трудоемкость (в часах)			Текущие формы контроля
				Лекции	Практические занятия	Лабораторные работы	
5.	Тема 5. Дискретное преобразование Фурье (ДПФ).	7	6-7	6	0	10	
6.	Тема 6. Корреляционные функции ФВК и ФАК. Их расчёт и физический смысл.	7	7-12	4	0	10	контрольная работа
7.	Тема 7. Основные положения теории случайных функций.	7	12-18	4	0	6	
8.	Тема 8. Теорема Винера-Хинчина.	8	1-4	3	0	6	тестирование отчет
9.	Тема 9. Технология проектирования систем наблюдения 3D	8	14	4	0	10	отчет
10.	Тема 10. Вибрационная сейсморазведка.	8	14	6	0	4	отчет
11.	Тема 11. Вертикальное сейсмическое профилирование.	8	14	12	0	4	отчет
12.	Тема 12. Технические средства современных вычислительных центров цифровой обработки сейсмоматериалов.	8	1	4	0	0	тестирование
13.	Тема 13. Понятие о системах цифровой обработки сейсмоматериалов	8	1-3	4	0	2	контрольная работа презентация
14.	Тема 14. Математическая модель сейсмической трассы.	8	3	4	0	0	творческое задание
15.	Тема 15. Расчёт априорных статических поправок.	8	4-5	4	0	2	отчет
16.	Тема 16. Ввод полевого материала.	8	6	4	0	4	тестирование
17.	Тема 17. Редактирование полевого материала.	8	6	2	0	2	отчет

N	Раздел Дисциплины/ Модуля	Семестр	Неделя семестра	Виды и часы аудиторной работы, их трудоемкость (в часах)			Текущие формы контроля
				Лекции	Практические занятия	Лабораторные работы	
18.	Тема 18. Регулировка амплитуд сейсмозаписей.	8	7	2	0	4	отчет
19.	Тема 19. Ввод кинематических поправок	8	8-9	7	0	24	контрольная работа отчет
20.	Тема 20. Цифровая фильтрация.	8	10-12	6	0	6	отчет
21.	Тема 21. Получение суммарного временного разреза ОГТ.	8	13	2	0	8	отчет
22.	Тема 22. Введение в сейсмическую миграцию.	8	13-14	6	0	0	
·	Тема . Итоговая форма контроля	7		0	0	0	зачет
·	Тема . Итоговая форма контроля	8		0	0	0	экзамен
	Итого			106	0	130	

## 4.2 Содержание дисциплины

### Тема 1. Сигналы и системы.

#### **лекционное занятие (4 часа(ов)):**

Сигналы и системы. Сейсмический сигнал. Сейсмический процесс. Понятие о линейной системе и линейном преобразовании. Оператор линейной системы и его свойства: аддитивность и однородность. Свойства линейных систем: устойчивость, стационарность, каузальность. Интеграл свёртки (суперпозиции).

#### **лабораторная работа (2 часа(ов)):**

Сигналы и системы.

### Тема 2. Операция свёртывания функций (конволюция).

#### **лекционное занятие (4 часа(ов)):**

Операция свёртывания функций (конволюция). Сущность свёртки и её графическое изображение. Условия существования общего интеграла свёртки. Интеграл свёртки для каузальной системы. Законы коммутативности, ассоциативности, дистрибутивности для свёртки.

#### **лабораторная работа (8 часа(ов)):**

Динамическая теория упругости

### Тема 3. Понятие о спектральном преобразовании сигналов.

#### **лекционное занятие (8 часа(ов)):**

Понятие о спектральном преобразовании сигналов. Гармонические составляющие и ряд Фурье. Отрицательная частота. Формы ряда Фурье: тригонометрическая, амплитудно-фазовая, экспоненциальная. Спектр комплексных амплитуд (линейчатый спектр). Спектры амплитуд и фаз. Переход от ряда Фурье к интегралу Фурье. Спектральная плотность. Сплошной спектр. Глобальное и локальное условия существования интеграла Фурье. Спектры для чётных и нечётных сигналов. Свойства преобразований Фурье: принцип дуальности, сопряжённой симметрии, чётной и нечётной симметрии, линейность, изменение масштаба, временная задержка, частотный сдвиг, спектр функции обратного времени, теорема о свёртке, теорема Рэлея, спектры производной и интеграла.

**лабораторная работа (8 часа(ов)):**

Волновые процессы в неоднородных средах

**Тема 4. Процесс дискретизации сейсмических сигналов.**

**лекционное занятие (6 часа(ов)):**

Процесс дискретизации сейсмических сигналов. Бесконечная и конечная последовательности эквидистантных дельта-импульсов и их спектры. Идеальное устройство дискретизации. Сигналы на его входе и выходе. Влияние интервала дискретизации на форму спектра дискретного сигнала, Эляйсинг-эффект. Теорема отсчётов Котельникова. Частота Найквиста. Фильтр зеркальных частот.

**лабораторная работа (10 часа(ов)):**

Сейсмические модели среды и годографы

**Тема 5. Дискретное преобразование Фурье (ДПФ).**

**лекционное занятие (6 часа(ов)):**

Дискретное преобразование Фурье (ДПФ). Прямое и обратное ДПФ. Соотношение "длительность временного интервала - шаг в области частот". Алгоритм БПФ с прореживанием по времени.

**лабораторная работа (10 часа(ов)):**

Геологические основы сейсморазведки

**Тема 6. Корреляционные функции ФВК и ФАК. Их расчёт и физический смысл.**

**лекционное занятие (4 часа(ов)):**

Корреляционные функции ФВК и ФАК. Их расчёт и физический смысл.

**лабораторная работа (10 часа(ов)):**

Методы и модификации сейсморазведки

**Тема 7. Основные положения теории случайных функций.**

**лекционное занятие (4 часа(ов)):**

Основные положения теории случайных функций. Случайная функция. Реализация случайной функции. Ансамбль. Случайный процесс. Характеристики случайной величины: функция плотности вероятности, математическое ожидание, дисперсия, коэффициент корреляции. Основные допущения при использовании аппарата случайных функций в сейсморазведке: стационарность, центрированность, нормальность, эргодичность.

**лабораторная работа (6 часа(ов)):**

Сейсморазведочная аппаратура

**Тема 8. Теорема Винера-Хинчина.**

**лекционное занятие (3 часа(ов)):**

Теорема Винера-Хинчина. Частотный состав случайной функции. Спектр мощности. Взаимный спектр мощности. "Белый шум", его свойства. Пуассоновский случайный процесс.

**лабораторная работа (6 часа(ов)):**

Теорема Винера-Хинчина.

**Тема 9. Технология проектирования систем наблюдения 3D**

**лекционное занятие (4 часа(ов)):**

Технология проектирования систем наблюдения 3D

**лабораторная работа (10 часа(ов)):**



Методика полевых сейсморазведочных работ Системы наблюдения и их параметры. Проектирование систем наблюдения. Линейные и площадные системы наблюдений. Линейные и площадные системы наблюдений.

## **Тема 10. Вибрационная сейсморазведка.**

### **лекционное занятие (6 часа(ов)):**

Вибрационная сейсморазведка. Основные положения вибросейсморазведки. Управляющий сигнал, виброграмма, коррелограмма. АКФ управляющего сигнала. Обобщённая модель коррелотрассы. Особенности волнового поля. Управляющие сигналы и их корреляционные функции. Линейные частотно-модулированные, нелинейные частотно-модулированные: комбинированные, нелинейные, амплитудно-модулированные, монохроматические. Системы управления и контроля за работой виброисточников. Определение и коррекция фазы управляющего сигнала, анализ работы виброисточника. Контроль основной гармоник сигнала. Особенности методики полевых работ. Определение оптимальных условий возбуждения колебаний и выбор параметров управляющих сигналов. Интерференционные системы в вибросейсморазведке. Одновременная работа нескольких групп вибраторов. Адаптивная вибросейсморазведка.

### **лабораторная работа (4 часа(ов)):**

Вибрационная сейсморазведка.

## **Тема 11. Вертикальное сейсмическое профилирование.**

### **лекционное занятие (12 часа(ов)):**

Вертикальное сейсмическое профилирование. Принципиальные особенности вертикального сейсмического профилирования. Кинематика полезных волн. Помехи технического характера. Основные модификации метода ВСП: продольное ВСП, НВСП, ВСП-ОГТ, уложенное ВСП, ВСП-ПИ, ВСП в наклонных скважинах, обращённое ВСП, ВСП-ПБ. Скважинная аппаратура: скважинный снаряд, прижимное устройство, сейсмоприёмники. Источники возбуждения. Особенности поляризационного метода ВСП (ПМ ВСП). Поляризация волн. Системы координат. Особенности аппаратуры для ПМ ВСП. Типы трёхкомпонентных установок сейсмоприёмников. Контроль идентичности установки. Методика наблюдений ПМ. Системы наблюдений. Особенности технологии полевых наблюдений. Ориентирование трёхкомпонентных записей и получение сейсмограмм фиксированных компонент. Некоторые приёмы экспресс-обработки ПМ ВСП. Определение направления движения частиц геологической среды. Результаты применения ВСП. Методические задачи. Структурные задачи. Литологические задачи. Изучение залежей углеводородов.

### **лабораторная работа (4 часа(ов)):**

Введение поправок и корреляция волн. Коррекция амплитуд. Статические поправки, способы расчетов и основные алгоритмы коррекции. Расчет и коррекция кинематических поправок, мьютинг.

## **Тема 12. Технические средства современных вычислительных центров цифровой обработки сейсмоматериалов.**

### **лекционное занятие (4 часа(ов)):**

Технические средства современных вычислительных центров цифровой обработки сейсмоматериалов. Классификация геофизических комплексов по режимам обработки. Классификация геофизических комплексов по функциональным возможностям.

## **Тема 13. Понятие о системах цифровой обработки сейсмоматериалов**

### **лекционное занятие (4 часа(ов)):**

Понятие о системах цифровой обработки сейсмоматериалов. Структура базы данных. Данные наблюдений, параметрические, графические. Управление обработкой. Основные функции управления обработкой. Организация процесса обработки. Оптимальный граф. Задачи и особенности графов предварительной, стандартной, детальной, нестандартной обработки.

### **лабораторная работа (2 часа(ов)):**

Фильтрация сейсмических колебаний. Параметры сейсмических волн, спектральный анализ. Классификация типов фильтров. Обратная фильтрация (деконволюция). Линейные частотные фильтры. Многоканальная фильтрация. Основы двумерной фильтрации.

## **Тема 14. Математическая модель сейсмической трассы.**



**лекционное занятие (4 часа(ов)):**

Математическая модель сейсмической трассы. Импульс Дирака. Функция скорости смещения частиц среды. Сейсмогеологический канал. Учёт влияния ВЧР, регулярных и нерегулярных волн-помех. Сейсморегирующий канал. Конволюционная модель сейсмотрассы МОВ. Основные задачи цифровой обработки сейсмосигналов.

**Тема 15. Расчёт априорных статических поправок.**

**лекционное занятие (4 часа(ов)):**

Расчёт априорных статических поправок. Вычисление априорных статических поправок при возбуждении колебаний под ЗМС и на дневной поверхности и расположении линии приведения под ЗМС и ниже первой жёсткой границы в случае проведения специальных исследований ВЧР. Вычисление априорных статических поправок без проведения специальных исследований ВЧР альтиметрическим способом и по годографам первых вступлений.

**лабораторная работа (2 часа(ов)):**

Сейсмические изображения геологических сред Построение отражающих границ по годографам. Временные разрезы и кубы. Сейсмический снос. Основы сейсмической миграции. Сейсмические изображения по данным МПВ

**Тема 16. Ввод полевого материала.**

**лекционное занятие (4 часа(ов)):**

Ввод полевого материала. Формирование и заполнение информационных параметрических таблиц (паспорт, проект). Структура полевого формата SEG D. Формат обмена данными SEG Y. Числовые и функциональные ряды.

**лабораторная работа (4 часа(ов)):**

Интерпретация данных сейсморазведки Кинематическая интерпретация. Прослеживание и стратификация сейсмических границ. Выявление тектонических нарушений перерывов и несогласий. Составление и анализ сейсмических карт. Динамическая интерпретация. Сеймостратиграфический анализ.

**Тема 17. Редактирование полевого материала.**

**лекционное занятие (2 часа(ов)):**

Редактирование полевого материала. Использование рапорта оператора сеймостанции. Сущность "ручного", интерактивного и автоматического режимов.

**лабораторная работа (2 часа(ов)):**

Редактирование полевого материала.

**Тема 18. Регулировка амплитуд сейсмозаписей.**

**лекционное занятие (2 часа(ов)):**

Регулировка амплитуд сейсмозаписей. Алгоритмы ЦАРА. Интервал регулирования. Коэффициент усиления. Алгоритмы, основанные на предварительном расчёте функции ослабления сейсмозаписи и нацеленные на сохранение относительного уровня амплитуд.

**лабораторная работа (4 часа(ов)):**

Регулировка амплитуд сейсмозаписей.

**Тема 19. Ввод кинематических поправок**

**лекционное занятие (7 часа(ов)):**

Ввод кинематических поправок. Методика решения задачи. Нормальный годограф отражённой волны. Фиктивная скорость Vogt. Расчёт априорных кинематических поправок при использовании пластовых и предельных эффективных скоростей. Замена кривой изменения кинематической поправки кусочно-постоянной функцией. Сортировка сейсмограмм ОПВ в ОГТ. Коэффициент растяжения сигнала. Процедура "мьютинг растяжения". Ввод поправок. Коррекция кинематических поправок. Сущность сканирования кинематических параметров и порядок интерпретации материалов. Разновременной криволинейный анализ сейсмограмм ОГТ (РНА). Энергетический оператор РНА. Вертикальные спектры скоростей ОГТ. Порядок их интерпретации.

**лабораторная работа (24 часа(ов)):**

Ввод кинематических поправок. Методика решения задачи.

**Тема 20. Цифровая фильтрация.**

*лекционное занятие (6 часа(ов)):*

Цифровая фильтрация. Задача фильтрации. Оператор фильтра. АЧХ фильтра. Полоса пропускания. Логарифмическая крутизна АЧХ. Нерекурсивные частотные фильтры. Вывод уравнений для нерекурсивных нульфазовых НЧ, ВЧ, полосового фильтров. Эффект Гиббса. Улучшение АЧХ с помощью взвешивания. Весовая функция окна.

*лабораторная работа (6 часа(ов)):*

Цифровая фильтрация.

**Тема 21. Получение суммарного временного разреза ОГТ.**

*лекционное занятие (2 часа(ов)):*

Получение суммарного временного разреза ОГТ.

*лабораторная работа (8 часа(ов)):*

Получение суммарного временного разреза ОГТ.

**Тема 22. Введение в сейсмическую миграцию.**

*лекционное занятие (6 часа(ов)):*

Введение в сейсмическую миграцию. Сейсмограммы ОТВ и ОСТ в плоскостях (X, T), (X, Z). Сущность построения временного разреза из трасс, просуммированных по гиперболическому годографу ОГТ. Соотношение кажущейся и истинной границ временного и глубинного разрезов на примере двухслойной среды. Точечный дифрактор. Годограф дифрагированной волны. Сейсмический снос. Динамический глубинный разрез. Сущность миграции.

**4.3 Структура и содержание самостоятельной работы дисциплины (модуля)**

N	Раздел Дисциплины	Семестр	Неделя семестра	Виды самостоятельной работы студентов	Трудоемкость (в часах)	Формы контроля самостоятельной работы
6.	Тема 6. Корреляционные функции ФВК и ФАК. Их расчёт и физический смысл.	7	7-12	подготовка к контрольной работе	2	контрольная работа
8.	Тема 8. Теорема Винера-Хинчина.	8	1-4	подготовка к отчету	2	отчет
				подготовка к тестированию	2	тестирование
9.	Тема 9. Технология проектирования систем наблюдения 3D	8	14	подготовка к отчету	4	отчет
10.	Тема 10. Вибрационная сейсморазведка.	8	14	подготовка к отчету	2	отчет
11.	Тема 11. Вертикальное сейсмическое про-филирование.	8	14	подготовка к отчету	4	отчет

N	Раздел Дисциплины	Семестр	Неделя семестра	Виды самостоятельной работы студентов	Трудоемкость (в часах)	Формы контроля самостоятельной работы
12.	Тема 12. Технические средства современных вычислительных центров цифровой обработки сейсмоматериалов.	8	1	подготовка к тестированию	4	тестирование
13.	Тема 13. Понятие о системах цифровой обработки сейсмоматериалов	8	1-3	подготовка к контрольной работе	1	контрольная работа
				подготовка к презентации	10	презентация
14.	Тема 14. Математическая модель сейсмической трассы.	8	3	подготовка к творческому заданию	18	творческое задание
15.	Тема 15. Расчёт априорных статических поправок.	8	4-5	подготовка к отчету	15	отчет
16.	Тема 16. Ввод полевого материала.	8	6	подготовка к тестированию	6	тестирование
17.	Тема 17. Редактирование полевого материала.	8	6	подготовка к отчету	10	отчет
18.	Тема 18. Регулировка амплитуд сейсмозаписей.	8	7	подготовка к отчету	14	отчет
19.	Тема 19. Ввод кинематических поправок	8	8-9	подготовка к контрольной работе	16	контрольная работа
				подготовка к отчету	20	отчет
20.	Тема 20. Цифровая фильтрация.	8	10-12	подготовка к отчету	30	отчет
21.	Тема 21. Получение суммарного временного разреза ОГТ.	8	13	подготовка к отчету	9	отчет
	Итого				169	

## 5. Образовательные технологии, включая интерактивные формы обучения

Проводятся лекции и лабораторные занятия с использованием компьютеров с применением специализированного программного обеспечения. Часть материала изучается самостоятельно.

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

### Тема 1. Сигналы и системы.

**Тема 2. Операция свёртывания функций (конволюция).**

**Тема 3. Понятие о спектральном преобразовании сигналов.**

**Тема 4. Процесс дискретизации сейсмических сигналов.**

**Тема 5. Дискретное преобразование Фурье (ДПФ).**

**Тема 6. Корреляционные функции ФВК и ФАК. Их расчёт и физический смысл.**

контрольная работа , примерные вопросы:

Сейсмические сигналы и процессы. Непрерывные и дискретные сигналы. детерминированные и случайные сигналы. Одномерные и многомерные сигналы. Свойства линейных систем. Сущность свёртки. Графическое отображение процесса свёртки. Гармоническая составляющая. Линейчатый спектр. Теорема Фурье. Сплошной спектр. Свойства преобразований Фурье. Спектры сигналов и процессов. Функция взаимной корреляции, её применение в сейсморазведке. Функция автокорреляции. Радиус корреляции. Меры регулярности сигнала.

**Тема 7. Основные положения теории случайных функций.**

**Тема 8. Теорема Винера-Хинчина.**

отчет , примерные вопросы:

отчёт по лабораторной работе "Спектр мощности сейсмотрассы"

тестирование , примерные вопросы:

Случайная функция. Стационарный случайный процесс. Центрированный случайный процесс. Эргодический случайный процесс. Понятие спектра мощности случайного процесса.

**Тема 9. Технология проектирования систем наблюдения 3D**

отчет , примерные вопросы:

отчёт по лабораторной работе "Проектирование системы наблюдения 3D"

**Тема 10. Вибрационная сейсморазведка.**

отчет , примерные вопросы:

отчёт по лабораторной работе "Линейные и нелинейные свип-сигналы"

**Тема 11. Вертикальное сейсмическое про-филирование.**

отчет , примерные вопросы:

отчёт по лабораторной работе "Обработка вертикального годографа ВСП"

**Тема 12. Технические средства современных вычислительных центров цифровой обработки сейсмома-териалов.**

тестирование , примерные вопросы:

Сейсмостанция линейного типа Сейсмостанция телеметрическая Мобильный сухопутный сейсмический вычислительный комплекс Препроцессор Миди-ВЦ Мега-ВЦ

**Тема 13. Понятие о системах цифровой обработки сейсмоматериалов**

контрольная работа , примерные вопросы:

Функциональная схема электрогидравлического вибратора. Понятие свип-сигнала. ЛЧМ-свип. НЧМ-свип. Обобщённая модель коррелотрассы. Особенности методики полевых работ при вибросейсморазведке. ВСП. Основные модификации ВСП. Помехи технического характера. Конструкция скважинного зонда. Особенности поляризационного метода ВСП. Типы трёхкомпонентных установок сейсмоприёмников. Ориентирование трёхкомпонентных записей. Структурные задачи ВСП. Литологические задачи ВСП. Изучение залежей углеводородов методом ВСП. Структура системы цифровой обработки сейсмических материалов. База данных. Виды сейсмических материалов. Структура блока сейсмотрассы. Понятие графа цифровой обработки. Виды графов обработки сейсмических записей.

презентация , примерные вопросы:

Особенности систем цифровой обработки сейсмической информации

**Тема 14. Математическая модель сейсмической трассы.**

творческое задание , примерные вопросы:

Написать программу расчёта синтетической сейсмотрассы по алгоритму Баранова-Кюнеца

### **Тема 15. Расчёт априорных статических поправок.**

отчет , примерные вопросы:

отчёт по лабораторной работе "Способы расчёта априорных статических поправок"

### **Тема 16. Ввод полевого материала.**

тестирование , примерные вопросы:

Импульс Дирака. Конволюционная модель сеймотрассы МОВ. Основные задачи цифровой обработки сейсмосигналов. Вычисление априорных статических поправок при взрывной и невзрывной сейсморазведке. Информационные параметрические таблицы базы данных. Структура полевого формата хранения данных SEG D. Структура формата обмена данными SEG Y Rev.1

### **Тема 17. Редактирование полевого материала.**

отчет , примерные вопросы:

отчёт по лабораторной работе "Редактирование полевых сейсмограмм"

### **Тема 18. Регулировка амплитуд сейсмозаписей.**

отчет , примерные вопросы:

отчёт по лабораторной работе "Регулировка амплитуд на полевых сейсмограммах"

### **Тема 19. Ввод кинематических поправок**

контрольная работа , примерные вопросы:

Алгоритмы ЦАРА. Алгоритмы основанные на предварительном расчёте функции ослабления и нацеленные на сохранение относительного уровня амплитуд. Понятие кинематической поправки. Понятие  $V_{rms}$ . Сущность способа сканирования скоростей. Сущность способа регулируемого направленного анализа. Вертикальные спектры скоростей. Энергетические операторы при использовании регулируемого направленного анализа. Растяжение импульсов при вводе кинематических поправок. Мьютинг растяжения.

отчет , примерные вопросы:

отчет по лабораторным работам: 1."Определение скоростного закона для сейсмического профиля способом сканирования"; 2. Создание развёрнутой таблицы скоростей  $V_{rms}$  в базе данных проекта сейсмического профиля"; 3. "Уточнение скоростного закона вдоль сейсмического профиля по вертикальным спектрам скоростей"

### **Тема 20. Цифровая фильтрация.**

отчет , примерные вопросы:

отчёт по лабораторным работам: 1."Согласованная частотная фильтрация"; 2."Деконволюция с помощью оптимальных фильтров Колмогорова-Винера"; 3. "Спектральная деконволюция"; 4."Верная фильтрация".

### **Тема 21. Получение суммарного временного разреза ОГТ.**

отчет , примерные вопросы:

отчёт по лабораторной работе "Получение временного разреза ОГТ"

### **Тема 22. Введение в сейсмическую миграцию.**

### **Тема . Итоговая форма контроля**

### **Тема . Итоговая форма контроля**

Примерные вопросы к зачету и экзамену:

Максимальный суммарный балл по результатам выполнения контрольных работ - 20 баллов.

Оценка активности студентов во время лабораторных занятий - до 20 баллов.

Оценка активности студентов на лекционных занятиях - 10 баллов

Максимальный балл на экзамене - 50 баллов.

Вопросы к зачету



Сейсмический сигнал. Сейсмический процесс. Понятие о линейной системе и линейном преобразовании. Оператор линейной системы и его свойства: аддитивность и однородность. Свойства линейных систем: устойчивость, стационарность, каузальность. Интеграл свёртки (суперпозиции). Сущность свёртки и её графическое изображение. Условия существования общего интеграла свёртки. Интеграл свёртки для каузальной системы. Законы коммутативности, ассоциативности, дистрибутивности для свёртки. Гармонические составляющие и ряд Фурье. Отрицательная частота. Формы ряда Фурье: тригонометрическая, амплитудно-фазовая, экспоненциальная. Спектр комплексных амплитуд (линейчатый спектр). Спектры амплитуд и фаз. Переход от ряда Фурье к интегралу Фурье. Спектральная плотность. Сплошной спектр. Глобальное и локальное условия существования интеграла Фурье. Спектры для чётных и нечётных сигналов. Свойства преобразований Фурье: принцип дуальности, сопряжённой симметрии, чётной и нечётной симметрии, линейность, изменение масштаба, временная задержка, частотный сдвиг, спектр функции обратного времени, теорема о свёртке, теорема Рэлея, спектры производной и интеграла. Бесконечная и конечная последовательности эквидистантных дельта-импульсов и их спектры. Идеальное устройство дискретизации. Сигналы на его входе и выходе. Влияние интервала дискретизации на форму спектра дискретного сигнала, Эляйсинг-эффект. Теорема отсчётов Котельникова. Частота Найквиста. Фильтр зеркальных частот. Прямое и обратное ДПФ. Соотношение "длительность временного интервала - шаг в области частот". Алгоритм БПФ с прореживанием по времени. Корреляционные функции ФВК и ФАК. Их расчёт и физический смысл.

Вопросы к экзамену

Случайная функция. Реализация случайной функции. Ансамбль. Случайный процесс. Характеристики случайной величины: функция плотности вероятности, математическое ожидание, дисперсия, коэффициент корреляции. Основные допущения при использовании аппарата случайных функций в сейсморазведке: стационарность, центрированность, нормальность, эргодичность. Частотный состав случайной функции. Спектр мощности. Взаимный спектр мощности. "Белый шум", его свойства. Пуассоновский случайный процесс. Технология проектирования систем наблюдения 3D. Основные положения вибросейсморазведки. Управляющий сигнал, виброграмма, коррелограмма. АКФ управляющего сигнала. Обобщённая модель коррелотрассы.

Особенности волнового поля.

Управляющие сигналы и их корреляционные функции. Линейные частотно-модулированные, нелинейные частотно-модулированные: комбинированные, нелинейные, амплитудно-модулированные, монохроматические.

Системы управления и контроля за работой виброисточников. Определение и коррекция фазы управляющего сигнала, анализ работы виброисточника. Контроль основной гармоника сигнала.

Особенности методики полевых работ. Определение оптимальных условий возбуждения колебаний и выбор параметров управляющих сигналов. Интерференционные системы в вибросейсморазведке. Одновременная работа нескольких групп вибраторов. Адаптивная вибросейсморазведка. Принципиальные особенности вертикального сейсмического профилирования.

Кинематика полезных волн. Помехи технического характера.

Основные модификации метода ВСП: продольное ВСП, НВСП, ВСП-ОГТ, уложенное ВСП, ВСП-ПИ, ВСП в наклонных скважинах, обращённое ВСП, ВСП-ПБ.

Скважинная аппаратура: скважинный снаряд, прижимное устройство, сейсмоприёмники. Источники возбуждения.

Особенности поляризованного метода ВСП (ПМ ВСП). Поляризация волн. Системы координат.

Особенности аппаратуры для ПМ ВСП. Типы трёхкомпонентных установок сейсмоприёмников. Контроль идентичности установки.



Методика наблюдений ПМ. Системы наблюдений. Особенности технологии полевых наблюдений. Ориентирование трёхкомпонентных записей и получение сейсмограмм фиксированных компонент. Некоторые приёмы экспресс-обработки ПМ ВСП. Определение направления движения частиц геологической среды.

Результаты применения ВСП. Методические задачи. Структурные задачи. Литологические задачи. Изучение залежей углеводородов.

Технические средства современных вычислительных центров цифровой обработки сейсмоматериалов. Классификация геофизических комплексов по режимам обработки. Классификация геофизических комплексов по функциональным возможностям. Понятие о системах цифровой обработки сейсмоматериалов.

Структура базы данных. Данные наблюдений, параметрические, графические. Управление обработкой. Основные функции управления обработкой. Организация процесса обработки. Оптимальный граф. Задачи и особенности графов предварительной, стандартной, детальной, нестандартной обработки.

Математическая модель сейсмической трассы.

Импульс Дирака. Функция скорости смещения частиц среды. Сейсмогеологический канал. Учёт влияния ВЧР, регулярных и нерегулярных волн-помех. Сейсморегистрирующий канал. Конволюционная модель сейсмотрассы МОВ. Основные задачи цифровой обработки сейсмосигналов.

Расчёт априорных статических поправок. Вычисление априорных статических поправок при возбуждении колебаний под ЗМС и на дневной поверхности и расположении линии приведения под ЗМС и ниже первой жёсткой границы в случае проведения специальных исследований ВЧР. Вычисление априорных статических поправок без проведения специальных исследований ВЧР альтиметрическим способом и по годографам первых вступлений.

Ввод полевого материала. Формирование и заполнение информационных параметрических таблиц (паспорт, проект). Структура полевого формата SEG D. Формат обмена данными SEG Y. Числовые и функциональные ряды.

Редактирование полевого материала. Использование рапорта оператора сейсмостанции. Сущность "ручного", интерактивного и автоматического режимов.

Регулировка амплитуд сейсмозаписей.

Алгоритмы ЦАРА. Интервал регулирования. Коэффициент усиления. Алгоритмы, основанные на предварительном расчёте функции ослабления сейсмозаписи и нацеленные на сохранение относительного уровня амплитуд.

Ввод кинематических поправок. Методика решения задачи. Нормальный годограф отражённой волны. Фиктивная скорость  $V_{огт}$ . Расчёт априорных кинематических поправок при использовании пластовых и предельных эффективных скоростей. Замена кривой изменения кинематической поправки кусочно-постоянной функцией. Сортировка сейсмограмм ОПВ в ОГТ.

Коэффициент растяжения сигнала. Процедура "мьютинг растяжения". Ввод поправок.

Коррекция кинематических поправок. Сущность сканирования кинематических параметров и порядок интерпретации материалов. Разновременный криволинейный анализ сейсмограмм ОГТ (РНА). Энергетический оператор РНА. Вертикальные спектры скоростей ОГТ. Порядок их интерпретации.

Цифровая фильтрация. Задача фильтрации. Оператор фильтра. АЧХ фильтра. Полоса пропускания. Логарифмическая крутизна АЧХ.

Нерекурсивные частотные фильтры. Вывод уравнений для нерекурсивных нульфазовых НЧ, ВЧ, полосовых фильтров. Эффект Гиббса. Улучшение АЧХ с помощью взвешивания. Весовая функция окна.

Получение суммарного временно-го разреза ОГТ.

Введение в сейсмическую миграцию. Сейсмограммы ОТВ и ОСТ в плоскостях (X, T), (X, Z). Сущность построения временного раз-реза из трасс, просуммированных по гиперболическому годографу ОГТ. Соотношение кажущейся и истинной границ временного и глубинного разрезов на примере двухслойной среды. Точечный ди-фрактор. Годограф дифрагирован-ной волны. Сейсмический снос. Динамический глубинный разрез. Сущность миграции.

### 7.1. Основная литература:

Боганик Г. Н. Сейсморазведка: учеб. для студентов вузов, обучающихся по спец. "Геофиз. методы поисков и разведки месторождений полез. ископаемых" направления подгот. дипломиру. специалистов "Технологии геол. разведки" / Г.Н. Боганик, И.И. Гурвич; Рос. гос. геологоразведоч. ун-т, Ассоц. науч.-техн. и делового сотрудничества по геофиз. исслед. и работам в скважинах. ?Тверь: АИС, 2006. ?743 с.: ил.; 21. ?Предм. указ.: с. 711-729. ?Библиогр.: с. 730-733 (61 назв.). ?ISBN 1810-5599, 1000. (117 экз.)

Дмитриев, В. И. Обратные задачи геофизики [Электронный ресурс] : Монография / В. И. Дмитриев. - М.: МАКС Пресс, 2012. - 340 с. - ISBN 978-5-317-04151-9 ЭБС ZNANIUM.COM URL: <http://znanium.com/bookread.php?book=445507>

Бармасов, А. В. Курс общей физики для природопользователей. Молекулярная физика и термодинамика: учеб. пособие / А. В. Бармасов, В. Е. Холмогоров / Под ред. А. П. Бобровского. ? СПб.: БХВ- Петербург, 2009. ? 499 с.: ил. ? (Учебная литература для вузов). - ISBN 978-5-94157-731-6. ЭБС ZNANIUM.COM URL: <http://znanium.com/bookread.php?book=349952>

Ягола А.Г., Янфей В., Степанова И.Э., Титаренко В.Н. ? Обратные задачи и методы их решения. Приложения к геофизике. Электронно-библиотечная система Издательства "Лань" URL: <http://e.lanbook.com/view/book/50537/>

### 7.2. Дополнительная литература:

Гурвич, Илья Исидорович. Сейсмическая разведка: [Учеб. для вузов по спец. "Геофиз. методы поисков и разведки полез. иск-х"] / И. И. Гурвич, Г. Н. Боганик. ?Издание 3-е, переработанное. ?Москва: Недра, 1980. ?551с. (43 экз.)

Науки о Земле: Учебное пособие / Г.К. Климов, А.И. Климова. - М.: ИНФРА-М, 2012. - 390 с.: 60х90 1/16. - (Высшее образование). (переплет) ISBN 978-5-16-005148-2, 500 экз. URL: <http://znanium.com/bookread.php?book=237608>

### 7.3. Интернет-ресурсы:

Geoexploration - <http://www.sciencedirect.com/science/journal/00167142>

Geophysics - <http://geophysics.geoscienceworld.org/>

GeoScienceWorld - <http://www.geoscienceworld.org/>

Journal of Environmental & Engineering Geophysics - <http://jeeg.geoscienceworld.org/>

The Leading Edge - <http://tle.geoscienceworld.org/>

## 8. Материально-техническое обеспечение дисциплины(модуля)

Освоение дисциплины "Дополнительные главы сейсморазведки" предполагает использование следующего материально-технического обеспечения:

Компьютерный класс.

Программа составлена в соответствии с требованиями ФГОС ВПО и учебным планом по направлению 020700.62 "Геология" и профилю подготовки Геофизика .

Автор(ы):

Степанов А.В. \_\_\_\_\_

"\_\_" \_\_\_\_\_ 201\_\_ г.

Рецензент(ы):

Борисов А.С. \_\_\_\_\_

"\_\_" \_\_\_\_\_ 201\_\_ г.