

**ПЕРВОЕ ВЫСШЕЕ ТЕХНИЧЕСКОЕ УЧЕБНОЕ ЗАВЕДЕНИЕ РОССИИ**



**МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ**  
федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение  
высшего образования  
**САНКТ-ПЕТЕРБУРГСКИЙ ГОРНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ**

**СОГЛАСОВАНО**

**УТВЕРЖДАЮ**

---

**Руководитель ОПОП ВО**  
доцент **А. С. Егоров**

---

**Проректор по образовательной**  
**деятельности**  
**Д.Г. Петраков**

## **РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ**

### ***ЦИФРОВАЯ ОБРАБОТКА СИГНАЛОВ***

<b>Уровень высшего образования:</b>	Специалитет
<b>Специальность:</b>	21.05.03 Технология геологической разведки
<b>Специализация:</b>	Геофизические методы поиска и разведки месторождений полезных ископаемых
<b>Квалификация выпускника:</b>	горный инженер – геофизик
<b>Форма обучения:</b>	очная
<b>Составитель:</b>	профессор Калинин Д.Ф.

Санкт-Петербург

**Рабочая программа дисциплины «Цифровая обработка сигналов» разработана:**

- в соответствии с требованиями ФГОС ВО – специалитет по специальности «21.05.03 Технология геологической разведки», утвержденного приказом Минобрнауки России № 977 от 12.08.2020 г.;

- на основании учебного плана специалитета по специальности «21.05.03 Технология геологической разведки» специализация «Геофизические методы поиска и разведки месторождений полезных ископаемых».

Составитель \_\_\_\_\_ д.т.н., профессор Калинин Д.Ф.

**Рабочая программа рассмотрена и одобрена** на заседании кафедры геофизики от 31.01.2022 г., протокол № 10.

Заведующий кафедрой \_\_\_\_\_ доцент Егоров А.С.

**Рабочая программа согласована:**

Начальник управления учебно-методического обеспечения образовательного процесса \_\_\_\_\_ к.т.н. Иванова П.В.

## 1. ЦЕЛИ И ЗАДАЧИ ДИСЦИПЛИНЫ

Целью преподавания дисциплины «Цифровая обработка сигналов» является ознакомление студентов с теоретическими основами (алгоритмами) и практическими приемами цифровой обработки геофизических данных в современных системах регистрации, накопления, преобразования и представления информации.

Основными задачами дисциплины «Цифровая обработка сигналов» являются:

- изучение в требуемом объеме соответствующего математического аппарата цифровой обработки сигналов;
- изучение способов реализации эффективных алгоритмов преобразования и анализа геоданных при решении геологоразведочных задач;
- освоение специализированных программных средств обработки геоданных на современных персональных компьютерах.

## 2. МЕСТО ДИСЦИПЛИНЫ В СТРУКТУРЕ ОПОП ВО

Дисциплина «Цифровая обработка сигналов» относится к обязательной части основной профессиональной образовательной программы по специальности «21.05.03 Технология геологической разведки», специализация «Геофизические методы поиска и разведки месторождений полезных ископаемых» и изучается в VI семестре.

Предшествующими курсами, на которых непосредственно базируется дисциплина «Цифровая обработка сигналов» являются «Высшая математика», «Разведочная геофизика».

Дисциплина «Цифровая обработка сигналов» является основополагающей для изучения следующих дисциплин: «Основы алгоритмизации в геофизике, часть 1», «Основы алгоритмизации в геофизике, часть 2»; «Теоретические основы цифровой обработки данных сейсморазведки»; «Методы потенциальных полей»; «Комплексирование геофизических методов».

Особенностью дисциплины «Цифровая обработка сигналов» является изучение специализированных приемов обработки цифровой геоинформации, организованной в трехмерные сети на основе методов статистического, градиентного, спектрального-корреляционного и регрессионного анализа, линейной оптимальной фильтрации, обнаружения слабых аномалий, а также комплексной обработки геоданных.

## 3. ПЛАНИРУЕМЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ ОБУЧЕНИЯ ПО ДИСЦИПЛИНЕ, СООТНЕСЕННЫЕ С ПЛАНИРУЕМЫМИ РЕЗУЛЬТАТАМИ ОСВОЕНИЯ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЙ ПРОГРАММЫ

Процесс изучения дисциплины «Цифровая обработка сигналов» направлен на формирование следующих компетенций:

Формируемые компетенции		Код и наименование индикатора достижения компетенции
Содержание компетенции	Код компетенции	
Способен применять основные методы, способы и средства получения, хранения и обработки информации, используя навыки работы с компьютером как средством управления информацией	ОПК-8	ОПК-8.1. Знать методы способы и средства получения информации и знаний ОПК-8.2. Уметь находить информацию по заданной тематике с использованием библиографических и электронных средств поиска ОПК-8.3. Владеть навыками получения, обработки и анализа информации
Способен понимать принципы работы современных информационных технологий и использовать их для решения задач	ОПК-16	ОПК-16.1. Знать процессы, методы поиска, сбора, хранения, обработки, представления, распространения информации и способы осуществления таких процессов и методов (информационные технологии) ОПК-16.2. Знать современные

Формируемые компетенции		Код и наименование индикатора достижения компетенции
Содержание компетенции	Код компетенции	
профессиональной деятельности		инструментальные среды, программно-технические платформы и программные средства, в том числе отечественного производства, используемые для решения задач профессиональной деятельности, и принципы их работы ОПК-16.3. Уметь выбирать и использовать современные информационно-коммуникационные и интеллектуальные технологии, инструментальные среды, программно-технические платформы и программные средства, в том числе отечественного производства, для решения задач профессиональной деятельности ОПК-16.4. Уметь анализировать профессиональные задачи, выбирать и использовать подходящие ИТ-решения ОПК-16.5. Владеть навыками работы с лежащими в основе ИТ-решений данными ОПК-16.6. Владеть навыками применения современных информационно-коммуникационных и интеллектуальных технологий, инструментальных сред, программно-технических платформ и программных средств, в том числе отечественного производства, для решения задач профессиональной деятельности
Способность работать в специализированных ПО по обработке и интерпретации геофизических данных	ПКС-9	ПКС-9.3. Владеть методикой разработки собственных алгоритмов решения прямых и обратных задач геофизики.

#### 4. СТРУКТУРА И СОДЕРЖАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

##### 4.1. Объем дисциплины и виды учебной работы

Общая трудоёмкость учебной дисциплины составляет 2 зачётные единицы, 72 ак. часа.

Вид учебной работы	Всего ак. часов	Ак. часы по семестрам
		VI
<b>Аудиторная работа, в том числе:</b>	<b>48</b>	<b>48</b>
Лекции (Л)	32	32
Практические занятия (ПЗ)	16	16
<b>Самостоятельная работа студентов (СРС), в том числе:</b>	<b>24</b>	<b>24</b>
Подготовка к лекциям	4	4
Подготовка к практическим занятиям	10	10
Работа в библиотеке	6	6
Подготовка к зачету	4	4
<b>Промежуточная аттестация – зачет (З)</b>	<b>3</b>	<b>3</b>
<b>Общая трудоёмкость дисциплины</b>		
	<b>ак. час.</b>	<b>72</b>
	<b>зач. ед.</b>	<b>2</b>

## 4.2. Содержание дисциплины

Учебным планом предусмотрены: лекции, практические занятия и самостоятельная работа студентов.

### 4.2.1. Разделы дисциплины и виды занятий

Наименование разделов	Виды занятий				
	Всего ак. часов	Лекции	Практические занятия	Лабораторные работы	Самостоятельная работа студента
Раздел 1 «Основные понятия теории вероятностей и математической статистики в задачах цифровой обработки геофизических данных»	9	4	2	-	3
Раздел 2 «Основы градиентного, корреляционно-регрессионного анализа геофизических данных и статистические критерии, используемые при их обработке»	9	4	2	-	3
Раздел 3 «Основы корреляционных, аппроксимационных и интерполяционных методов обработки. Дисперсионный и факторный анализ геофизических данных»	6	4	-	-	2
Раздел 4 «Использование корреляционных функций, а также методов спектрального и вейвлет-анализа при обработке геофизических полей»	13	4	6	-	3
Раздел 5 «Основы фильтрации геофизических полей во временной и частотной области. Построение адаптивных фильтров.»	11	4	4	-	3
Раздел 6 «Использование критериев оптимальности в задачах сглаживания, воспроизведения, предсказания и сжатия сигналов. Построение и реализация типовых одномерных и двумерных оптимальных линейных фильтров»	9	4	2	-	3
Раздел 7 «Основы метода эмпирической модовой декомпозиции геофизических сигналов (полей)»	4	2	-	-	2
Раздел 8 «Основы теории статистических решений и использование статистических критериев обработки геофизических данных с целью надежного обнаружения аномалий»	6	4	-	-	2
Раздел 9 «Основы статистической обработки комплексных геофизических данных»	5	2	-	-	3
<b>Итого:</b>	<b>72</b>	<b>32</b>	<b>16</b>	<b>-</b>	<b>24</b>

#### 4.2.2. Содержание разделов дисциплины

№ п/п	Наименование раздела дисциплины	Содержание лекционных занятий	Трудоемкость в ак. часах
1	Основные понятия теории вероятностей и математической статистики в задачах цифровой обработки геофизических данных	Введение в цифровую обработку сигналов. Цифровые записи, как временные последовательности. Векторная и матричная формы представления сигналов. Понятие об измерении в разведочной геофизике. Цифровая регистрация геофизических полей. Два подхода к обработке и интерпретации результатов геофизических наблюдений. Событие и вероятность. Формула Бейеса. Случайная величина, функция и плотность распределения. Системы случайных величин. Характеристики связи случайных величин. Законы распределения. Закон больших чисел. Центральная предельная теорема. Матричное представление процессов цифровой обработки. Закон больших чисел. Центральная предельная теорема. Выборки и их свойства. Статистические оценки неизвестных параметров. Доверительный интервал и доверительная вероятность. Свойства статистических оценок. Гистограмма и кумулятивная кривая. Эмпирические методы определения числа разрядов гистограммы. Статистические характеристики случайных величин, моменты распределений. Оценка статистических и градиентных характеристик геофизических полей. Примеры.	4
2	Основы градиентного, корреляционно-регрессионного анализа геофизических данных и статистические критерии, используемые при их обработке	Оценка градиентных характеристик геофизических полей. Коэффициент анизотропии. Статистическая проверка простых гипотез. Параметрические и непараметрические критерии. Обработка данных измерений физических свойств горных пород. Случайные функции (процессы) и их статистические характеристики. Эргодическое свойство случайных функций. Основы корреляционно-регрессионного анализа. Коэффициенты ковариации и корреляции, их матрицы. Регрессия и ее коэффициенты. Линейная, нелинейная, множественная регрессии и их применение.	4
3	Основы корреляционных, аппроксимационных и интерполяционных методов обработки. Дисперсионный и факторный анализ геофизических данных.	Корреляционные методы трансформации и разделения геофизических аномалий, основанные на системах базисных функций. Кусочно-полиномиальная аппроксимация. Полиномиальная интерполяция и сглаживание. Сплайны. Интерполяция системой гармонических функций. Основы дисперсионного анализа геофизических данных. Однофакторный дисперсионный анализ и его решающее правило. Двухфакторный дисперсионный анализ. Дисперсионный анализ при изучении регрессионных зависимостей (трендов). Основы	4

№ п/п	Наименование раздела дисциплины	Содержание лекционных занятий	Трудоемкость в ак. часах
		факторного анализа. Метод главных компонент.	
4	Использование корреляционных функций, а также методов спектрального и вейвлет-анализа при обработке геофизических полей	Корреляционные характеристики геофизических полей. Автокорреляционная функция и ее свойства. Взаимно корреляционная функция, ее свойства, применение. Двумерные корреляционные функции и их применение. Спектральный анализ геофизических полей. Спектры дискретно заданного сигнала (прямое преобразование Фурье). Вычисление значений сигнала по спектрам (обратное преобразование Фурье). Спектры непрерывных сигналов. Спектры стационарного случайного процесса. Применение спектрального анализа при обработке геофизических данных. Основы вейвлет-анализа и его применение в геофизике.	4
5	Основы фильтрации геофизических полей во временной и частотной области. Построение адаптивных фильтров.	Линейная фильтрация геофизических полей. Оператор свертки. Частотная фильтрация и ее характеристики. Двумерные линейные фильтры. Геофизические предпосылки к использованию линейных фильтров. Использование преобразований Фурье в сейсморазведке. Одномерная адаптивная фильтрация. Алгоритм построения адаптивного энергетического фильтра и его преимущества. Построение фильтров для заданных диапазонов частот. Режекторный фильтр. Идеальные фильтры Баттерворта и Чебышева. Веерная фильтрация. Характеристика направленности интерференционной системы. Двухмерная адаптивная фильтрация и ее преимущества при обработке геофизической информации. Полиномиальная адаптивная фильтрация.	4
6	Использование критериев оптимальности в задачах сглаживания, воспроизведения, предсказания и сжатия сигналов. Построение и реализация типовых одномерных и двумерных оптимальных линейных фильтров	Критерии оптимальности в практике обработки геофизических данных. Фильтр Колмогорова-Винера. Обратная фильтрация. Фильтр прогнозирования. Использование фильтра Колмогорова-Винера в задачах сглаживания, воспроизведения, предсказания и сжатия сигналов. Оценка качества фильтрации. Применение фильтра К.-В. при обработке потенциальных полей. Согласованный фильтр в задачах обнаружения сигналов. Примеры построения и применения согласованного фильтра при обработке полей. Энергетический фильтр. Фильтр Калмана и возможности его применения. Двумерные оптимальные линейные фильтры и примеры их реализации.	4
7	Основы метода эмпирической	Преобразование Гильберта-Хуанга. Эмпирический метод декомпозиции (EMD) сигналов. Огибающие	2

№ п/п	Наименование раздела дисциплины	Содержание лекционных занятий	Трудоемкость в ак. часах
	модовой декомпозиции геофизических сигналов (полей)	сигналов. Функции внутренних мод сигналов. Процесс отсеивания функций IMF. Критерии останова процесса декомпозиции. Ортогональность базиса декомпозиции. Примеры практического применения EMD в геофизике.	
8	Основы теории статистических решений и использование статистических критериев обработки геофизических данных с целью надежного обнаружения аномалий	Введение в теорию статистических решений. Статистические гипотезы. Функции правдоподобия. Ошибки I и II рода. Функция потерь при принятии решений (средний риск). Критерий Байеса для принятия статистических решений. Функции и коэффициент правдоподобия. Критерий Котельникова. Использование статистических критериев при обработке геофизических данных с целью обнаружения слабых сигналов. Критерий максимального правдоподобия. Критерий максимума апостериорной вероятности. Критерий Неймана-Пирсона. Минимаксный критерий и критерий последовательного анализа (Вальда). Надежность обнаружения сигнала (аномалии) и ее применение. Способ обратных вероятностей и его применение для выделения слабых геофизических аномалий. Способ межпрофильной корреляции. Оценка простирания аномалий по ВКФ. Способ самонастраивающейся (адаптивной) фильтрации и примеры его применения.	4
9	Основы статистической обработки комплексных геофизических данных	Многомерные аналоги способов обратных вероятностей и самонастраивающейся фильтрации. Методы классификации многомерных наблюдений. Метод динамических сгущений (k-средних) и примеры классификации геофизических полей. Метод общего расстояния. Метод разделения многомерных нормальных смесей (по А.В.Петрову). Методы распознавания образов в задачах интерпретации геофизических наблюдений. Метод главных компонент при расчете комплексного параметра.	2
<b>Итого:</b>			<b>32</b>

#### 4.2.3. Практические занятия

№ п/п	Разделы	Тематика практических занятий	Трудоемкость в ак. часах
1	Раздел 1	Дискретизация сигнала во временной области, расчет статистических характеристик сигнала, построение частотных и кумулятивных кривых («MS Excel»)	2
2	Раздел 2	Построение корреляционной зависимости функций до и после низкочастотной фильтрации («MS Excel»). Расчет уравнения регрессии. Арифметическая и геометрическая проверка точности решения уравнения для произвольного значения исходной функции. Определение величины коэффициента корреляции и меры обусловленности	2



4	Раздел 4	Прямое дискретное преобразование Фурье, расчет гармонических коэффициентов, формирование АЧ и ФЧ спектров («MS Excel») Обратное дискретное преобразование Фурье, сопоставление исходного и результирующего сигналов во временной области («MS Excel») Расчет функций автокорреляции и взаимной корреляции сигналов до и после низкочастотной фильтрации с использованием программы MS Excel. Графическое отображение функций. Определение величины радиуса корреляции	6
5	Раздел 5	Формирование частотной характеристики ФНЧ. Выполнение низкочастотной фильтрации во временной области («MS Excel»). Анализ спектрального состава колебания, полученного в результате применения операции свертки Выполнение низкочастотной и высокочастотной фильтрации в спектральной (частотной) области. Построение соответствующих амплитудно-частотных и фазово-частотных спектров результирующих сигналов с использованием программы MS Excel. Сравнительный графический анализ исходных и результирующих сигналов	4
6	Раздел 6	Использование Z-преобразования импульсных сигналов. Построение амплитудно-частотной и фазово-частотной составляющих комплексного спектра в Z-области, включающих различное число дискретных значений исходного сигнала	2
<b>Итого:</b>			<b>16</b>

#### 4.2.4. Лабораторные работы

Лабораторные работы не предусмотрены.

#### 4.2.5. Курсовые работы (проекты)

Курсовые работы (проекты) не предусмотрены.

### 5. ОБРАЗОВАТЕЛЬНЫЕ ТЕХНОЛОГИИ

В ходе обучения применяются:

**Лекции**, которые являются одним из важнейших видов учебных занятий и составляют основу теоретической подготовки обучающихся. Цели лекционных занятий:

- дать систематизированные научные знания по дисциплине, акцентировать внимание на наиболее сложных вопросах дисциплины;
- стимулировать активную познавательную деятельность обучающихся, способствовать формированию их творческого мышления.

**Практические занятия.** Цели практических занятий:

- совершенствовать умения и навыки решения практических задач.

Главным содержанием этого вида учебных занятий является работа каждого обучающегося по овладению практическими умениями и навыками профессиональной деятельности.

**Консультации** (текущая консультация, накануне *зачета*) является одной из форм руководства учебной работой обучающихся и оказания им помощи в самостоятельном изучении материала дисциплины, в ликвидации имеющихся пробелов в знаниях, задолженностей по текущим занятиям, в подготовке письменных работ (проектов).

Текущие консультации проводятся преподавателем, ведущим занятия в учебной группе, научным руководителем и носят как индивидуальный, так и групповой характер.

**Самостоятельная работа обучающихся** направлена на углубление и закрепление знаний, полученных на лекциях и других занятиях, выработку навыков самостоятельного активного приобретения новых, дополнительных знаний, подготовку к предстоящим учебным занятиям и промежуточному контролю.

## **6. ОЦЕНОЧНЫЕ СРЕДСТВА ДЛЯ ТЕКУЩЕГО КОНТРОЛЯ УСПЕВАЕМОСТИ, ПРОМЕЖУТОЧНОЙ АТТЕСТАЦИИ ПО ИТОГАМ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ**

### **6.1. Оценочные средства для самостоятельной работы и текущего контроля успеваемости**

**Раздел №1. Основные понятия теории вероятностей и математической статистики в задачах цифровой обработки геофизических данных**

1. Что такое вероятность?
2. Какие виды помех существуют в геофизике?
3. В чем отличия детерминированного и статистического подходов к обработке информации?
4. Чем отличается репрезентативная выборка от генеральной совокупности?
5. Какие преимущества и недостатки характерны для аналоговой и цифровой регистрации геоинформации?

**Раздел №2. Основы градиентного, корреляционно-регрессионного анализа геофизических данных и статистические критерии, используемые при их обработке.**

1. Какие примеры обработки геофизических данных на основе корреляционно-регрессионного анализа вы можете привести?
2. Какие типы регрессий существуют?
3. Что такое множественный коэффициент корреляции?
4. Что такое множественная линейная регрессия?
5. Что такое модуль полного горизонтального градиента значений поля?

**Раздел №3. Основы корреляционных, аппроксимационных и интерполяционных методов обработки. Дисперсионный и факторный анализ геофизических данных.**

1. В чем сущность полиномиальной интерполяции и сглаживания геофизических данных?
2. В чем разница между стационарным и нестационарным случайными процессами?
3. Что такое автокорреляционная функция (АКФ) и взаимно-корреляционная функция (ВКФ)?
4. Что такое факторная сумма и факторная дисперсия?
5. В чем заключается практическое использование двумерных корреляционных функций?

**Раздел №4. Использование корреляционных функций, а также методов спектрального и вейвлет-анализа при обработке геофизических полей.**

1. Что такое сечение случайного процесса?
2. Какие существуют типы спектров дискретно заданного сигнала?
3. Что такое прямое и обратное преобразования Фурье?
4. В чем сущность вейвлет-разложения сигнала?
5. Какие сходства и отличия существуют между Фурье-анализом и вейвлет-анализом?

**Раздел №5. Основы фильтрации геофизических полей во временной и частотной области. Построение адаптивных фильтров.**

1. Что такое линейный оператор фильтра?
2. Что такое весовая функция фильтра?
3. Что такое гармоники основной частоты сигнала и как они связаны с частотой Найквиста?
4. Что такое способ адаптивной (самонастраивающейся) фильтрации и в чем преимущества его использования?
5. В каких случаях используются двумерные линейные фильтры - скоростные фильтры и интерференционные системы?

**Раздел №6. Использование критериев оптимальности в задачах сглаживания,**

**воспроизведения, предсказания и сжатия сигналов. Построение и реализация типовых одномерных и двумерных оптимальных линейных фильтров.**

1. Какие три критерия оптимальности, используемых при построении линейных фильтров, существуют?
2. Что такое фильтр Колмогорова-Винера?
3. С какой целью применяется обратная фильтрация (деконволюция) при обработке геофизических сигналов?
4. С какой целью применяется фильтр прогнозирования?
5. В чем состоят особенности использования энергетического фильтра при разделении сигналов

**Раздел №7. Основы метода эмпирической модовой декомпозиции геофизических сигналов (полей).**

1. Какова главная цель разложения геофизических сигналов и полей по эмпирическим модовым функциям?
2. Какими свойствами должна обладать компонента разложения, называемая внутренней модовой функцией?
3. В чем состоит кардинальное отличие внутренних модовых функций от гармоник, получаемых при представлении дискретного сигнала рядом Фурье?
4. Каким образом осуществляется построение огибающих исходного сигнала по максимумам и минимумам при разложении на компоненты?
5. С влиянием каких геологических объектов связывается, как правило, остаток разложения сигнала по эмпирическим модовым функциям?

**Раздел №8. Основы теории статистических решений и использование статистических критериев обработки геофизических данных с целью надежного обнаружения аномалий.**

1. Какие критерии принятия статистических решений используются при выделении слабых геофизических сигналов?
2. Что такое ошибка пропуска сигнала?
3. Что такое коэффициент правдоподобия и какова его связь с критерием максимального правдоподобия?
4. Что такое достоверная геофизическая аномалия?
5. Для чего предназначен способ обратных вероятностей и при каких условиях он максимально эффективен?

**Раздел №9. Основы статистической обработки комплексных геофизических данных.**

1. В чем состоит сущность алгоритмов распознавания объектов (образов) по данным комплексных геофизических наблюдений?
2. Каковы цели и способы многомерной безэталонной классификации геофизических данных?
3. В чем состоит метод разделения многомерных нормальных смесей?
4. Какова основная задача метода главных компонент?
5. В чем состоит сущность знаковой классификации геофизических полей?

**6.2. Оценочные средства для проведения промежуточной аттестации (зачета)**

**6.2.1. Примерный перечень вопросов/заданий к зачету (по дисциплине):**

1. Что такое «выборка» случайных величин и каковы ее необходимые свойства для обработки геофизических наблюдений?
2. Какие градиентные характеристики важны при обработке геофизических полей и для чего они используются?
3. Для чего применяется корреляционно-регрессионный анализ?
4. В чем главный смысл вероятностно-статистического подхода к обработке геофизических данных?
5. Что такое гистограмма и как она строится?

6. Что такое коэффициент анизотропии поля и как он используется при интерпретации (максимумы и минимумы)?
7. Понятие о геоинформации и ее источники. Формы представления сигналов.
8. Какая самая важная особенность объединяет наиболее популярные распределения для систем независимых случайных величин: распределение  $\chi^2$  (Пирсона), распределение Стьюдента ( $t$ -распределение), распределение Фишера ( $F$ -распределение)?
9. В чем сущность корреляционного метода разделения геофизических аномалий?
10. Для каких типов фильтров применяются следующие критерии оптимальности:
  - а) минимизация среднеквадратического отклонения профильтрованного сигнала от желаемого сигнала на выходе фильтра;
  - б) максимизация пикового отношения сигнал/помеха на выходе фильтра;
  - в) максимизация энергетического отношения сигнал/помеха на выходе фильтра?
11. Что такое несовместные события?
12. В чем заключается кусочно-полиномиальная аппроксимация при сглаживании экспериментальных данных и чему обычно равен размер окна сглаживания?
13. Что такое полимодальное распределение?
14. Чем отличается детерминированная функция от случайной?
15. Какой тип анализа объединяет методы анализа Фурье и статистический анализ временных последовательностей наблюдений?
16. Что такое слабый сигнал в геофизических наблюдениях и какие две статистические гипотезы используются в задачах обнаружения сигналов?
17. Назовите основные типы регрессии и приведите примеры их использования в геофизике (геохимии).
18. Что является основной задачей интерпретации геолого-геофизической информации?
19. Что такое ошибки первого и второго рода при принятии статистического решения о наличии сигнала и чем они вызваны?
20. С помощью какой трансформации геофизического поля (гравитационного или магнитного) можно оценить простирание аномалий в каждой точке исходной сети наблюдений, причем контрастные переходы от минимальных значений поля к максимальным значениям контролируют положение осей аномалий?
21. Сущность многоканальной цифровой регистрации сигналов в современной геофизической аппаратуре.
22. Что является количественной мерой степени объективной возможности того или иного события  $A$ , измеряемой отношением числа  $m$  благоприятствующих событию  $A$  исходов к общему числу  $N$  всех возможных исходов эксперимента?
23. Какой тип преобразования поля представляет собой разложение исходных данных по системе заданных по форме сигналов и реализуется путем линейной свертки входных значений поля с весовыми функциями, в качестве которых выступают заданные по форме сигналы?
24. Что такое случайная величина и какие 2 типа случайных величин существуют?
25. Что такое коэффициент анизотропии поля и что трассируют его максимумы и минимумы?
26. Какие виды статистического анализа используют изучение и сравнение дисперсий наблюдаемых данных и их линейных комбинаций?
27. Что такое метод разделения многомерных нормальных смесей и требует ли его реализация априорного задания конечного числа классов?
28. Особенности вероятностно-статистического подхода к обработке и интерпретации результатов геофизических наблюдений. Случайность событий, связанных с получением геофизических данных.
29. Что такое формула Байеса (обратных вероятностей) и каковы ее характерные особенности при решении геофизических задач?
30. Основные законы распределения случайных величин. Популярные распределения в задачах математической статистики и их ограничения при статистической обработке геофизических и геохимических данных.

31. В чем состоит проблема статистической нестационарности для выборочных совокупностей значений параметров, получаемых при геоизмерениях?

32. Эмпирические методы определения числа разрядов гистограммы. Полимодальные распределения и их связь со статистически нестационарными геополями.

33. Что такое центральные моменты разных порядков для дискретной случайной величины? Использование центральных моментов при анализе сигналов (геополей).

34. Градиентные характеристики геополей и площадная интерпретация градиентных характеристик.

35. Понятие случайной функции (случайного процесса). Реализация, ансамбль реализаций, сечение случайной функции, математическое ожидание и дисперсия случайной функции.

36. Эргодическое свойство и его особенности при описании реализаций стационарных случайных процессов (сигналов) в геофизике.

37. Основные задачи регрессионного анализа. Принципы построения нейронных сетей на основе множественной регрессии.

38. Примеры использования преобразований геофизических аномалий (сигналов) в геофизике, связанных с выделением полезной остаточной составляющей геофизического поля и прогнозом значений изучаемой геологической характеристики.

39. Сущность сплайн-интерполяции. Линейные и кубические сплайны. Примеры использования сплайнов для сглаживания экспериментальных геофизических данных.

40. Использование автокорреляционной функции (АКФ) и интервала корреляции в задачах обработки геофизических данных.

### 6.2.2. Примерные тестовые задания к зачету:

#### Вариант № 1.

№ п/п	Вопрос	Варианты ответа
1.	Цель обработки геофизических данных?	1. Построение цифровой модели поля. 2. Построение цифровой модели рельефа. 3. Извлечение полезной информации из результатов измерений. 4. Введение различных поправок и увязка наблюдений по площади съемки
2.	Каковы преимущества цифровой регистрации физических полей?	1. Высокая точность и быстродействие. 2. Передача информации на большие расстояния. 3. Многократное усиление и воспроизведение дискретных сигналов без потери информации. 4. Все вышеперечисленное.
3.	Где применяется детерминированный подход к цифровой обработке сигналов?	1. При случайном расположении геологических объектов. 2. В случае наложения случайных помех различного происхождения. 3. При анализе интенсивных аномалий от геологических объектов с заметной дифференциацией физических свойств. 4. При расчете автокорреляционной функции.
4.	Где применяется вероятностно-статистический подход к цифровой обработке сигналов	1. В случае наложения случайных помех различного происхождения. 2. При получении единственно возможного решения в виде определенной функциональной зависимости. 3. При получении единственно возможного решения в виде числа как частного значения функции для

		<p>искомого значения ее аргумента.</p> <p>4. При применении аналитических методов теории потенциала.</p>
5.	Что такое случайное событие?	<p>1. Событие, которое обязательно происходит при том же комплексе условий эксперимента.</p> <p>2. Событие, появление которого исключает появление другого события при одном и том же эксперименте.</p> <p>3. Событие, которое заведомо не может произойти при том же комплексе условий эксперимента.</p> <p>4. Событие, которое может как произойти, так и не произойти при том же комплексе условий эксперимента.</p>
6.	Что такое репрезентативная выборка?	<p>1. Выборка значений случайной величины, для которого вероятность быть выбранным одинакова для любого элемента выборки.</p> <p>2. Множество всех возможных значений случайной величины, в котором распределение изучаемого параметра совпадает с ее выборочным распределением.</p> <p>3. Выборка значений случайной величины, починающаяся нормальному закону распределения.</p> <p>3. Выборка значений случайной величины, починающееся равномерному закону распределения.</p>
7.	Что такое генеральная совокупность?	<p>1. Выборка значений случайной величины, починающееся равномерному закону распределения.</p> <p>2. Множество всех возможных значений случайной величины, в котором распределение изучаемого параметра совпадает с ее выборочным распределением.</p> <p>3. Выборка значений случайной величины, починающаяся нормальному закону распределения.</p> <p>4. Выборка значений случайной величины, для которого вероятность быть выбранным одинакова для любого элемента выборки.</p>
8.	Что описывает гистограмма?	<p>1. Количество <math>n</math> независимых наблюдений для оценки числовой характеристики с заданной точностью.</p> <p>2. Моменты распределения случайных величин.</p> <p>3. Распределение частот, определяемых для каждого значения <math>x_i</math> случайной величины <math>X</math>.</p> <p>4. Доверительные интервалы распределения случайных величин.</p>
9.	Кто является автором критерия проверки статистических гипотез $\chi^2$ ?	<p>1. Фишер</p> <p>2. Стьюдент</p> <p>3. Колмогоров</p> <p>4. Пирсон</p>
10.	Что такое статистическая гипотеза?	<p>1. Предположение о нормальном законе распределения случайной величины <math>X</math>.</p> <p>2. Любое предположение относительно распределения случайной величины <math>X</math>.</p> <p>3. Предположение о логнормальном законе</p>

		распределения случайной величины $X$ .. 4. Предположение о равномерном законе распределения случайной величины $X$ ..
11.	Какое из перечисленных свойств оценок неизвестных параметров не существует?	1. Несмещенность. 2. Состоятельность. 3. Симметричность 4. Асимптотическая нормальность.
12.	На чем основывается критерий Фишера (критерий проверки статистических гипотез)?	1. На методе сравнения дисперсий в предположении нормальности двух сопоставляемых выборок. 2. На методе сравнения средних значений в предположении нормальности двух сопоставляемых выборок. 3. На законе больших чисел. 4. На центральной предельной теореме.
13.	Какие типы задач могут быть решены на основе вероятностно-статистического подхода?	1. Сглаживание геофизических данных. 2. Интерполяция геофизических данных. 3. Аппроксимация геофизических данных.. 4. Все выше перечисленные задачи.
14.	Что такое корреляция?	1. Оценка характера (формы) зависимости между случайными величинами $X$ и $Y$ и возможность определения $Y$ по $X$ . 2. Оценка тесноты взаимосвязи между двумя (или более) случайными величинами. 3. Оценка степени перекрытия гистограмм сложной формы 4. Проверка гипотезы о нормальности распределения случайной величины.
15.	Какой из перечисленных видов регрессии не существует?	1. Линейная. 2. Множественная. 3. Дискретная. 4. Нелинейная
16.	Какое из перечисленных свойств выборочного коэффициента корреляции $r$ справедливо?	1. Абсолютная величина $r$ не превосходит 1. 2. Отсутствие корреляции при $r = 0$ . 3. С возрастанием абсолютной величины $r$ линейная корреляционная зависимость становится все более тесной. 4. Все выше перечисленное.
17.	С помощью какого коэффициента определяется взаимосвязь между случайными величинами, распределенными не по нормальному закону, а произвольно ?	1. Коэффициент правдоподобия. 2. Выборочный коэффициент корреляции. 3. Множественный коэффициент корреляции. 4. Коэффициент ранговой корреляции Спирмена.
18.	В какой из перечисленных геологоразведочных задач возможно применение множественной линейной регрессии?	1. Определение зависимости содержания химического элемента (первичный ореол рассеяния) от расстояния до границы рудного тела. 2. Определение средней плотности пластов по скорости продольных волн. 3. Определение глубины складчатого фундамента по данным гравиразведки и аэромагниторазведки. 4. Построение петрофизических моделей

		продуктивных нефтегазовых пластов.
19.	На основе какого критерия проводится выбор порядка и размерности трансформационного многочлена в задаче корреляционного разделения геофизических аномалий?	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Минимум дисперсии остаточной составляющей разделяемого геофизического поля.</li> <li>2. Минимум модуля коэффициента корреляции между трансформационным многочленом и изучаемой геологической характеристикой.</li> <li>3. Минимум погрешности эталонного оператора на независимой контрольной выборке.</li> <li>4. Все перечисленные критерии.</li> </ol>
20.	В каких случаях кусочно-линейная аппроксимация геоданных оказывается наиболее эффективной?	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. При сглаживании исходной сейсмической информации с использованием скользящего окна фиксированных размеров.</li> <li>2. При сглаживании исходной сейсмической информации с использованием динамического скользящего окна.</li> <li>3. При сглаживании исходной сейсмической информации, характеризующейся областями с различной степенью гладкости.</li> <li>4. При интерполяции потенциальных геофизических полей системой гармонических функций в условиях неоднородности сети наблюдений.</li> </ol>

#### Вариант № 2.

№ п/п	Вопрос	Варианты ответа
1.	Какие факторы вызывают систематические ошибки в результатах геофизических измерений?	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Погрешности аппаратуры.</li> <li>2. Методики измерений.</li> <li>3. Неучтенные изменения физических условий наблюдения.</li> <li>4. Все выше перечисленные факторы.</li> </ol>
2.	Какой критерий используется для проверки нулевой гипотезы о равенстве средних для различных состояний фактора?	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Критерий Фишера.</li> <li>2. Критерий Стьюдента.</li> <li>3. Критерий Колмогорова.</li> <li>4. Критерий Пирсона.</li> </ol>
3.	Интерполяторы какого типа наиболее успешно применяются при сглаживании эффективной скорости волн вдоль сейсмического профиля?	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Линейный сплайн.</li> <li>2. Квадратичный (параболический) сплайн.</li> <li>3. Кубический сплайн.</li> <li>4. Интерполяционный полином Лагранжа.</li> </ol>
4.	Что является основой факторного анализа?	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Изучение и сравнение средних значений наблюдаемых данных и их линейных комбинаций.</li> <li>2. Изучение и сравнение дисперсий наблюдаемых данных и их линейных комбинаций.</li> <li>3. Изучение и сравнение ассиметрий наблюдаемых данных и их линейных комбинаций.</li> <li>4. Изучение и сравнение эксцессов наблюдаемых данных и их линейных комбинаций.</li> </ol>
5.	Что характеризует факторная сумма квадратов отклонений	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Разброс между различными состояниями фактора.</li> <li>2. Рассеяние случайных погрешностей результатов</li> </ol>



	групповых средних от общей средней?	измерений. 3. Равенство средних для различных состояний фактора. 4. Равенство дисперсий при всех состояниях фактора.
6.	Что характеризует остаточная сумма квадратов отклонений наблюдаемых значений внутри групп (или состояний фактора)?	1. Разброс между различными состояниями фактора. 2. Рассеяние случайных погрешностей результатов измерений. 3. Равенство средних для различных состояний фактора. 4. Равенство дисперсий при всех состояниях фактора.
7.	В каких задачах дисперсионный анализ находит наиболее широкое применение?	1. При согласовании регрессионной зависимости (или тренда) и исходных данных. 2. При исследовании эффективности увеличения степени полинома в уравнении регрессии. 3. При оценке значимости постоянных коэффициентов в уравнении регрессии. 4. Во всех выше перечисленных.
8.	Какую главную задачу решает факторный анализ?	1. Построение информационной матрицы Фишера. 2. Расчет коэффициентов системы линейных алгебраических уравнений. 3. Изучение внутренней структуры ковариационной матрицы, полученной в результате измерений нескольких случайных величин. 4. Расчет центральных моментов статистических распределений случайных величин.
9.	Чем являются диагональные элементы ковариационной матрицы?	1. Средними значениями случайных величин (признаков). 2. Дисперсиями случайных величин (признаков). 3. Асимметриями случайных величин (признаков). 4. Эксцессами случайных величин (признаков).
10.	Какое наиболее четкое физическое истолкование имеет первая главная компонента при обработке геофизического поля?	1. Горизонтальный градиент исходного поля. 2. Вертикальный градиент исходного поля. 3. Первая локальная составляющая исходного поля. 4. Региональная составляющая исходного поля.
11.	Какие характеристики используются при описании случайного процесса?	1. Математическое ожидание. 2. Дисперсия. 3. Автокорреляционная функция. 4. Все выше перечисленные.
12.	Какая из автокорреляционных функций (АКФ) используется при описании корреляционных свойств аномалий гравитационного поля?	1. Единичный импульс Кронекера (дельта-функция). 2. АКФ гауссова типа. 3. АКФ треугольного типа. 4. АКФ затухающей по экспоненте косинусоиды.

13.	При решении какой задачи обработки геофизических данных не нашли применение форма АКФ и интервал (радиус) корреляции?	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Оценка корреляционных свойств сигналов (аномалий) и помех.</li> <li>2. Расчет весовой функции и частотной характеристики оптимальных фильтров.</li> <li>3. Разделение наблюдаемого поля на однородные по статистическим характеристикам участки.</li> <li>4. Многомерная классификация геополей.</li> </ol>
14.	При решении каких задач обработки геофизических данных находит применение взаимно-корреляционная функция (ВКФ)?	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Оценка корреляционных свойств сигналов.</li> <li>2. Оценка простирания сигналов.</li> <li>3. Оценка отношения сигнал/помеха.</li> <li>4. При решении всех указанных задач.</li> </ol>
15.	Использование какой из перечисленных функций дает возможность определить направления простирания аномалий?	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Автокорреляционная функция.</li> <li>2. Взаимокорреляционная функция.</li> <li>3. Двумерная автокорреляционная функция.</li> <li>4. Двумерная взаимокорреляционная функция.</li> </ol>
16.	Использование какой из перечисленных функций дает возможность определить корреляционные свойства поля, устанавливаемые на изучаемой площади по наблюдениям на двух участках съемки или на двух различных глубинах?	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Автокорреляционная функция.</li> <li>2. Взаимокорреляционная функция.</li> <li>3. Двумерная автокорреляционная функция.</li> <li>4. Двумерная взаимокорреляционная функция.</li> </ol>
17.	Какая из частот соответствует периоду, равному двум интервалам отсчета дискретного сигнала?	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Основная частота сигнала.</li> <li>2. Первая гармоника основной частоты.</li> <li>3. Вторая гармоника основной частоты.</li> <li>4. Частота Найквиста.</li> </ol>
18.	Какой из перечисленных спектров сигнала не существует?	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Энтропийный.</li> <li>2. Энергетический.</li> <li>3. Комплексный.</li> <li>4. Фазово-частотный.</li> </ol>
19.	Какие комбинации лежат в основе расчета сферических функций?	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Экспоненциальные функции и их производные первого порядка</li> <li>2. Синусно-косинусные функции и их производные первого порядка.</li> <li>3. Синусно-косинусные функции и полиномы Лежандра.</li> <li>4. Логарифмические функции и их производные первого порядка.</li> </ol>
20.	В чем заключается основное преимущество быстрого преобразования Фурье по сравнению с обычным преобразованием Фурье?	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Сокращение числа арифметических операций.</li> <li>2. Повышение точности вычислений.</li> <li>3. Сокращение числа гармоник основной частоты сигнала..</li> <li>4. Сокращение числа дискретных значений сигнала.</li> </ol>

Вариант № 3.

№ п/п	Вопрос	Варианты ответа
1.	Какое из свойств преобразований Фурье не существует?	1. Свойство линейности. 2. Свойство симметрии прямого и обратного преобразования Фурье. 3. Свойство свертки двух сигналов. 4. Свойство масштабирования амплитуды сигнала.
2.	На основе какой теоремы определяется интервал дискретизации непрерывного сигнала?	1. Теорема Коши. 2. Теорема Котельникова. 3. Теорема Байеса. 4. Теорема Дирихле.
3.	Чему равен шаг дискретизации при регистрации каротажных диаграмм в нефтегазовой геофизике?	1. 0,1 м. 2. 0,2 м. 3. 0,5 м. 4. 1 м.
4.	Какие особенности спектров стационарного случайного процесса наиболее важны?	1. Амплитуды гармоник не являются случайными величинами. 2. Спектр описывает распределение дисперсий по различным частотам. 3. Спектр вычисляется по автокорреляционной функции. 4. Все перечисленные особенности.
5.	Для каких случайных процессов не может быть рассчитан энергетический спектр?	1. Для случайного процесса с равномерным энергетическим спектром. 2. Для случайного процесса, описывающего ошибки наблюдений при работе с гравиметрами. 3. Для случайного процесса, описывающего аномалии от бесконечного горизонтального слоя со случайным расположением бесконечных горизонтальных контактов. 4. Для нестационарных случайных процессов.
6.	В каких случаях используется Z-преобразование последовательности дискретных значений?	1. При расчете градиентных характеристик сигнала (аномалии). 2. В задачах корреляционно-регрессионного анализа. 3. При построении линейных фильтров и их анализе. 4. При построении нелинейных фильтров и их анализе.
7.	Какое из перечисленных преобразований наблюдаемого поля не может быть охарактеризовано интегралом свертки или его дискретным аналогом?	1. Фильтрация. 2. Сглаживание. 3. Интерполяция. 4. Классификация

8.	Какие частоты может содержать спектр выходной функции, получаемой в результате фильтрации?	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Частоты, которые присутствуют и в спектре входного сигнала и в спектре весовой функции фильтра.</li> <li>2. Частоты, которые присутствуют только в спектре входного сигнала.</li> <li>3. Частоты, которые присутствуют только в спектре весовой функции фильтра.</li> <li>4. Только основную частоту сигнала.</li> </ol>
9.	Какие из перечисленных линейных фильтров представляют наибольший интерес?	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Низкочастотные фильтры.</li> <li>2. Высокочастотные фильтры.</li> <li>3. Фильтры, не вносящие фазовых сдвигов.</li> <li>4. Режекторные фильтры.</li> </ol>
10.	Какие фильтры наиболее точно аппроксимируют характеристику идеального фильтра?	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Фильтры с косинусным сглаживанием.</li> <li>2. Фильтры Баттерворта.</li> <li>3. Фильтры Чебышева.</li> <li>4. Все выше перечисленные.</li> </ol>
11.	При обработке каких геофизических данных используется веерный фильтр?	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Данных сейсморазведки.</li> <li>2. Данных гравиразведки.</li> <li>3. Данных магниторазведки.</li> <li>4. Данных электроразведки.</li> </ol>
12.	Какой из критериев построения оптимальных линейных фильтров не существует??	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Критерий минимума среднеквадратического отклонения желаемого сигнала от профильтрованного.</li> <li>2. Критерий максимума пикового отношения сигнал/помеха.</li> <li>3. Критерий максимума плотности апостериорной вероятности сигнала.</li> <li>4. Критерий максимума энергетического отношения сигнал/помеха.</li> </ol>
13.	Какой из критериев принятия статистических решений, связанных с обнаружением сигнала, требует обязательного задания априорной информации?	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Критерий минимакса.</li> <li>2. Критерий Котельникова (на основе формулы Байеса).</li> <li>3. Критерий Неймана-Пирсона.</li> <li>4. Критерий Вальда.</li> </ol>
14.	На основе какой количественной зависимости определяется понятие «достоверная геофизическая аномалия (достоверный сигнал)»?	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. На основе зависимости между энергетическим отношением сигнал/помеха и надежностью обнаружения сигнала (аномалии).</li> <li>2. На основе зависимости между пиковым отношением сигнал/помеха и надежностью обнаружения сигнала (аномалии).</li> <li>3. На основе зависимости между энергетическим отношением сигнал/помеха и вероятностью ошибки пропуска сигнала (аномалии)..</li> <li>4. На основе расчета апостериорных (обратных) вероятностей наличия сигнала по формуле Байеса.</li> </ol>
15.	Для какого метода обнаружения слабых сигналов (интерферирующих аномалий) необходимы минимальные априорные сведения о форме сигнала?	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Метод Вилкоксона, основанный на ранговых статистиках.</li> <li>2. Метод обратных вероятностей.</li> <li>3. Метод межпрофильной корреляции.</li> <li>4. Метод адаптивной (самонастраивающейся) фильтрации.</li> </ol>

16.	От чего зависит выбор алгоритма обработки комплекса геоданных, основанного на проверке статистических гипотез?	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. От принятой геологической модели и характера исходной информации.</li> <li>2. От наличия или отсутствия корреляционных связей между признаками.</li> <li>3. От полноты априорной информации об изучаемых объектах.</li> <li>4. От всего выше перечисленного.</li> </ol>
17.	Что является мерой сходства в алгоритмах, основанных на проверке статистических гипотез?	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Надежность обнаружения (распознавания) искомого объекта.</li> <li>2. Априорная вероятность обнаружения искомого объекта.</li> <li>3. Апостериорная вероятность обнаружения искомого объекта.</li> <li>4. Индекс перспективности наличия искомого объекта.</li> </ol>
18.	В чем состоит необходимость оценки информативности признаков при комплексной обработке?	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Отбор наиболее информативных признаков позволяет установить первоочередность изучения территории соответствующими методами разведочной геофизики.</li> <li>2. Исключение признаков, не несущих полезной информации об изучаемых объектах.</li> <li>3. Исключение «признаков-помех», создающих информационный шум и ухудшающих качества прогноза.</li> <li>4. Во всем выше перечисленном.</li> </ol>
19.	Какой из перечисленных алгоритмов безэталонной классификации не основан на проверке статистических гипотез?	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Алгоритм классификации методом К-средних.</li> <li>2. Корреляционный алгоритм классификации.</li> <li>3. Алгоритм метода разделения многомерных нормальных смесей.</li> <li>4. Алгоритм метода общего расстояния.</li> </ol>
20.	На чем основывается критерий Фишера (критерий проверки статистических гипотез)?	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. На методе сравнения дисперсий в предположении нормальности двух сопоставляемых выборок.</li> <li>2. На методе сравнения средних значений в предположении нормальности двух сопоставляемых выборок.</li> <li>3. На законе больших чисел.</li> <li>4. На центральной предельной теореме.</li> </ol>

### 6.3. Описание показателей и критериев контроля успеваемости, описание шкал оценивания

#### 6.3.3. Критерии оценок промежуточной аттестации (зачет)

Оценка	Описание
<b>Зачтено</b>	Посещение более 50 % лекционных и практических занятий; студент твердо знает материал, грамотно и по существу излагает его, не допуская существенных неточностей в ответе на вопрос; все предусмотренные программой обучения задания выполнены, качество их выполнения достаточно высокое; в течение семестра выполнил творческую работу.
<b>Не зачтено</b>	Посещение менее 50 % лекционных и практических занятий; студент не знает значительной части материала, допускает существенные ошибки в ответах на вопросы; большинство предусмотренных программой обучения заданий не выполнено, качество их выполнения оценено числом баллов, близким к минимальному.

**Примерная шкала оценивания знаний в тестовой форме:**

Количество правильных ответов, %	Оценка
0-49	Не зачтено
50-65	Зачтено
66-85	Зачтено
86-100	Зачтено

**7. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ И ИНФОРМАЦИОННОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ  
ДИСЦИПЛИНЫ**

**7.1. Рекомендуемая литература**

**7.1.1. Основная литература**

1. Козлов Е.А., Гогоненков Г.Н., Лернер Б.Л. и др. Цифровая обработка сейсмических данных. –М.: Недра. 1973

<http://booksee.org/book/489245>

2. Никитин А.А. Теоретические основы обработки геофизической информации. –М.: Недра. 1986

<http://www.geokniga.org/books/4894>

3. Серкеров С.А. Спектральный анализ гравитационных и магнитных аномалий. –М.: Недра. 2002

<http://www.libex.ru/detail/book38225.html>

**7.1.2. Дополнительная литература**

1. Бат М. Спектральный анализ в геофизике. –М.: Недра, 1980

<http://lib.mexmat.ru/books/146027>

2. Вычислительная математика и техника в разведочной геофизике: Справочник геофизика. – М.: Недра, 1990

<http://www.geokniga.org/books/14994>

3. Гольденберг Л.М. и др. Цифровая обработка сигналов: Учебное пособие для вузов. - М.: Радио и связь, 1990

<https://www.twirpx.com/file/35104/>

4. Дэвис Дж. С. Статистический анализ данных в геологии / Пер. с англ. в 2-х кн. под ред. Д.А.Родионова. –М.: Недра. 1990

<http://bit-loader.club/forum/viewtopic.php?t=2116614>

5. Каждан А.Б., Гуськов О.И. Математические методы в геологии. – М.: Недра. 1990

<https://www.twirpx.com/file/835825/>

6. Канасевич Э.Р. Анализ временных последовательностей в геофизике. - М.: Недра, 1985

<https://www.twirpx.com/file/240664/>

7. Клаербоут Дж. Теоретические основы обработки геофизической информации / Пер. с англ. Под ред. Ю.В.Тимошина. –М.: Недра. 1981

<http://www.geokniga.org/authors/23017>

8. Комплекс спектрально-корреляционного анализа данных КОСКАД-3D (электронная информационно-справочная система, части 1,2,3) /под ред. А.В.Петрова –М.:РГГРУ.2008

<http://www.coscad3d.ru/>

9. Кулханек О. Введение в цифровую фильтрацию в геофизике. – М.: Недра, 1981

<http://urss.ru/cgi-bin/db.pl?blang=ru&id=18086&lang=Ru&page=Book>

10. Макс Ж. Методы и техника обработки сигналов при физических измерениях: В 2-х томах. - М.: Мир, 1983

[http://publ.lib.ru/ARCHIVES/M/MAKS\\_Jak/\\_Maks\\_J\\_.html](http://publ.lib.ru/ARCHIVES/M/MAKS_Jak/_Maks_J_.html)

11. Никитин А.А. Статистические методы выделения геофизических аномалий. – М.: Недра. 1979

<https://www.twirpx.com/file/455745/>

12. Худсон Д. Статистика для физиков. –М.: Мир, 1970

<https://www.twirpx.com/file/50855/>

### **7.1.3. Учебно-методическое обеспечение**

1. *Веденева В.А.* Функции и формулы Excel 2007. –СПб.: «Питер», 2008, -384 с.

<http://padabum.com/d.php?id=16481>

2. Информация сервера компании “Golden Software Inc.”

<https://www.goldensoftware.com>

3. Комплекс спектрально-корреляционного анализа данных КОСКАД-3D (электронная информационно-справочная система, части 1,2,3) /под ред. А.В.Петрова –М.:РГГРУ.2017

<https://www.coscad3d.ru/>

4. Методические указания для самостоятельной работы по дисциплине «Цифровая обработка сигналов»/ Санкт-Петербургский Горный университет. Сост.: Д.Ф. Калинин. СПб, 2017 г. 8 с.

5. Методические указания для подготовки к практическим занятиям по дисциплине «Цифровая обработка сигналов» / Санкт-Петербургский Горный университет. Сост.: Д.Ф. Калинин. СПб, 2017 г. 11 с.

### **7.2. Базы данных, электронно-библиотечные системы, информационно-справочные и поисковые системы**

1. Европейская цифровая библиотека Europeana

<http://www.europeana.eu/portal>

2. Информационно-издательский центр по геологии и недропользованию Министерства природных ресурсов и экологии Российской Федерации - ООО "ГЕОИНФОРММАРК"

<http://www.geoinform.ru/>

3. Информационно-аналитический центр «Минерал»

<http://www.mineral.ru/>

4. КонсультантПлюс: справочно - поисковая система [Электронный ресурс]  
[www.consultant.ru/](http://www.consultant.ru/)

5. Мировая цифровая библиотека

<http://wdl.org/ru>

6. Научная электронная библиотека «Scopus»

<https://www.scopus.com>

7. Научная электронная библиотека ScienceDirect

<http://www.sciencedirect.com>

8. Научная электронная библиотека «eLIBRARY»

<https://elibrary.ru/>

<https://e.lanbook.com/books>

9. Поисковые системы Yandex, Rambler, Yahoo и др.

10. Система ГАРАНТ: электронный периодический справочник [Электронный ресурс]  
[www.garant.ru](http://www.garant.ru)

11. Свободная энциклопедия Википедия

<https://ru.wikipedia.org>

12. Электронная библиотека Государственной публичной научно-технической Библиотеки  
<http://www.gpntb.ru>

13. Электронная библиотека Российской Государственной Библиотеки (РГБ)

<http://www.rsl.ru/>

14. Электронная библиотека учебников

<http://studentam.net>

15. Электронно-библиотечная система «ЭБС ЮРАЙТ»

[www.biblio-online.ru](http://www.biblio-online.ru).

16. Электронная библиотечная система «Национальный цифровой ресурс Руконт».  
<http://rucont.ru/>

17. Электронно-библиотечная система

<http://www.sciteclibrary.ru/>

18. Электронная библиотека Российской национальной библиотеки  
<http://www.nlr.ru>
19. Всероссийский институт научной и технической информации (ВИНИТИ)  
<http://www.viniti.ru>
20. Федеральный портал российского образования  
<http://www.edu.ru>
21. Горнопромышленный портал  
<http://www.miningexpo.ru>
22. Портал «Горное дело»  
<http://www.gornoe-delo.ru>
23. Электронные ресурсы по геологии  
<http://geo.web.ru>
24. Электронные информационные ресурсы Всероссийского научно-исследовательского института им. А.П.Карпинского (ВСЕГЕИ)  
<http://www.vsegei.ru/ru/info/>
25. Полнотекстовая электронная библиотека учебных и учебно-методических материалов  
<http://window.edu.ru/window/library>

## **8. МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ**

### **8.1. Материально-техническое оснащение аудиторий**

#### **Аудитории для проведения лекционных и практических занятий.**

Санкт-Петербург, 21-я линия В.О., д.2-4/45, литера Д

Учебный центр №1, учебно-лабораторный корпус №4

Специализированные аудитории, используемые при проведении лекционных занятий в рамках дисциплины «Цифровая обработка сигналов», оснащены мультимедийными проекторами и комплектами аппаратуры, позволяющей демонстрировать текстовые и графические материалы в виде презентаций:

Аудитория 4620

25 посадочных мест. Стол Canvaro ASSMANN (Тип 1,2). – 6 шт., стул 7874 A2S зелёный цвет – 25 шт., кресло 9335 A2S цвет натуральное дерево светлое – 1 шт., тканевая перегородка с рейлингом под систему навесных аксессуаров Vitaco ASSMANN Тип 1 – 1 шт., доска магнитно-маркерная с эмалевым покрытием Magnetoplan CC 2000x1000 – 1 шт., трибуна – 1 шт., плакаты в рамках – 5 шт., мобильный мультимедийный комплекс – 1 шт.

Программное обеспечение: Операционная система Microsoft Windows 10, офисный пакет приложений Office 2007, Kaspersky Endpoint Security для Windows, доступ к сети Интернет.

Аудитория 4622

25 посадочных мест. Стол Canvaro ASSMANN (Тип 1,2). – 6 шт., стул 7874 A2S зелёный цвет – 25 шт., кресло 9335 A2S цвет натуральное дерево светлое – 1 шт., тканевая перегородка с рейлингом под систему навесных аксессуаров Vitaco ASSMANN Тип 1 – 1 шт., доска магнитно-маркерная с эмалевым покрытием Magnetoplan CC 2000x1000 – 1 шт., трибуна – 1 шт., плакаты в рамках – 5 шт., мобильный мультимедийный комплекс – 1 шт.

Программное обеспечение: Операционная система Microsoft Windows 10, офисный пакет приложений Office 2007, Kaspersky Endpoint Security для Windows, доступ к сети Интернет.

Специализированная аудитория (компьютерный класс) оснащена оборудованием, обеспечивающим интерактивный обмен данными и выполнение практических работ по дисциплине «Цифровая обработка сигналов»:

Аудитория 4610

16 посадочных мест. Стол аудиторный для студентов (Тип 1,2) Canvaro ASSMANN - 9 шт., тканевая перегородка с рейлингом под систему навесных аксессуаров Vitaco ASSMANN Тип 1 – 1 шт., кресло 9335 A2S – 17 шт., доска магнитно-маркерная с эмалевым покрытием Magnetoplan CC 2000x1000 – 1 шт., шкафчик для раздевалки «Экспресс 5» - 5 шт., моноблок Dell OptiPlex 5490 All-in-One -17 шт., лазерный принтер Xerox Phaser 361 0DN – 1 шт., огнетушитель



ОУ-3 – 1 шт., плакаты в рамках – 4 шт.

Программное обеспечение:

- операционная система Microsoft Windows 10;
- офисный пакет приложений Office 2007;
- геоинформационные системы GIS MapInfo 10, GIS ArcView 3.2, GIS AutoCad 2007;
- антивирусный пакет Kaspersky Endpoint Security для Windows;
- программный продукт «КОСКАД 3D» (компьютерная технология статистического и спектрально-корреляционного анализа данных) Д № 34/06 от 15.06.2006 ООО «РЕСУРС» на 5 рабочих мест;
- система томографической обработки сейсмических материалов «Х-Томо» ГК № 11/06-И-О от 15.08.2006 ООО «Икс-ГЕО» 6 лицензионных ключей на 6 рабочих мест;
- система обработки и интерпретации геоэлектрических данных (метод сопротивления и ВП) в 2-х мерном и 3-х мерном вариантах RES2DINV/RES3DINV ГК № 10/06-И-О от 15.08.2006, 1 лицензионный ключ;
- пакет программ для интерпретации данных ВЭЗ и ВП и расчёта геоэлектрических разрезов и полей ГК № 9/06-И-О от 15.08.2006 ООО «Геоскан-М», 1 лицензионный ключ на 6 рабочих мест;
- программное обеспечение для обработки георадарных данных RadExplorer ГК № 8/06-И-О от 15.08.2006 ООО «Деко-Геофизика», 1 лицензионный ключ на 6 рабочих мест;
- программное обеспечение 2-х мерной и 3-х мерной интерпретации геофизических полей, моделирования и визуализации геологических данных ГК № 338-05/11 от 16.05.2011 ООО «ЭСТИ МАП», серверная плавающая уч. лицензия на 12 пользователей, 5 коммерческих лицензий;
- пакет программ обработки и интерпретации электроразведочных данных в 2D и 3D версиях ГК № 427-04/11 от 22.04.2011 ООО «ГеоГет» 12 лицензионных ключей для уч. целей на 12 рабочих мест, 2 лицензионных ключа для коммерческих целей;
- пакет программ для специализированной обработки геофизических полей и задач геологического и прогнозно-минерагенического анализа комплекса геолого-геофизических данных («ГИС-ИНТЕГРО-ГЕОФИЗИКА») ГК № 697-08/11 от 09.08.2011 ФГУП ГНЦ РФ «ВНИИгеосистем», 12 лицензионных ключей на 12 рабочих мест;
- ПМО «EM-Data Processor» для обработки и 1D инверсий ПО Gintel;
- доступ к сети Интернет.

### **8.2. Помещения для самостоятельной работы:**

Санкт-Петербург, 21-я линия В.О., д.2-4/45, литера Д, Учебный центр №1, учебно-лабораторный корпус №4

Аудитория 813

30 посадочных мест. Стол – 6 шт., стул – 30 шт., доска магнитно-маркерная с эмалевым покрытием – 1 шт., трибуна – 1 шт., мобильный мультимедийный комплекс – 1 шт.

Программное обеспечение: Операционная система Microsoft Windows 10, офисный пакет приложений Office 2007, Kaspersky Endpoint Security для Windows, доступ к сети Интернет.

Аудитория 4314-2

34 посадочных места. Стол – 8 шт., стул – 34 шт., доска магнитно-маркерная с эмалевым покрытием – 1 шт., трибуна – 1 шт., мобильный мультимедийный комплекс – 1 шт.

Программное обеспечение: Операционная система Microsoft Windows 10, офисный пакет приложений Office 2007, Kaspersky Endpoint Security для Windows, доступ к сети Интернет.

### **8.3. Помещения для хранения и профилактического обслуживания оборудования:**

1. Санкт-Петербург, 21-я линия В.О., д.2-4/45, литера А, Учебный центр №1, учебно-лабораторный корпус №1, аудитория №1212.

*Центр новых информационных технологий и средств обучения:*

персональный компьютер – 2 шт.; монитор – 4 шт.; сетевой накопитель – 1 шт.; источник бесперебойного питания – 2 шт.; телевизор плазменный Panasonic – 1 шт.; точка Wi-Fi – 1 шт.; паяльная станция – 2 шт.; дрель – 5 шт.; перфоратор – 3 шт.; набор инструмента – 4 шт.; тестер

компьютерной сети – 3 шт.; баллон со сжатым газом – 1 шт.; паста теплопроводная – 1 шт.; пылесос – 1 шт.; радиостанция – 2 шт.; стол – 4 шт.; тумба на колесиках – 1 шт.; подставка на колесиках – 1 шт.; шкаф – 5 шт.; кресло – 2 шт.; лестница Alve – 1 шт.

Программное обеспечение: Microsoft Windows 7 Professional (лицензионное соглашение Microsoft Open License 60799400 от 20.08.2012), офисный пакет Microsoft Office 2010 Professional Plus (лицензионное соглашение Microsoft Open License 60799400 от 20.08.2012), антивирусное программное обеспечение Kaspersky Endpoint Security (договор № Д810(223)-12/17 от 11.12.2017), доступ к сети Интернет.

2. Санкт-Петербург, 23-я линия В.О., д.82, литера А, Учебный центр №2, аудитория №1315.

*Центр новых информационных технологий и средств обучения:*

столы – 5 шт.; стулья – 2 шт.; кресло – 2 шт.; шкаф – 2 шт.; персональный компьютер – 2 шт.; мониторы – 2 шт.; МФУ – 1 шт.; тестер компьютерной сети – 1 шт.; баллон со сжатым газом – 1 шт.; шуруповерт – 1 шт.

Программное обеспечение: Microsoft Windows 7 Professional (лицензионное соглашение Microsoft Open License 60799400 от 20.08.2012), офисный пакет Microsoft Office 2007 Professional Plus (лицензионное соглашение Microsoft Open License 46431107 от 22.01.2010), антивирусное программное обеспечение Kaspersky Endpoint Security (договор № Д810(223)-12/17 от 11.12.2017), доступ к сети Интернет.

3. Санкт-Петербург, Малый проспект В.О., д.83, Учебный центр №3, аудитория №2-110.

*Центр новых информационных технологий и средств обучения:*

столы – 2 шт.; стулья – 4 шт.; кресло – 1 шт.; шкафы – 2 шт.; персональный компьютер – 1 шт.; веб-камера Logitech HD C510 – 1 шт.; колонки Logitech – 1 шт.; тестер компьютерной сети – 1 шт.; дрель – 1 шт.; телефон – 1 шт.; набор ручных инструментов – 1 шт.

Программное обеспечение: Microsoft Windows 7 Professional (лицензионное соглашение Microsoft Open License 48358058 от 11.04.2011), офисный пакет Microsoft Office 2007 Professional Plus (лицензионное соглашение Microsoft Open License 46431107 от 22.01.2010), антивирусное программное обеспечение Kaspersky Endpoint Security (договор № Д810(223)-12/17 от 11.12.2017), доступ к сети Интернет.

#### **8.4. Лицензионное программное обеспечение:**

В рамках дисциплины «Цифровая обработка сигналов» в компьютерном классе (аудитория 4610, учебный центр №1, учебно-лабораторный корпус №4, Санкт-Петербург, 21-я линия В.О., д.2-4/45, литера Д) используется следующее лицензионное программное обеспечение:

- система статистического, спектрально-корреляционного комплексного анализа и обработки геоданных COSCAD-3D;
- автоматизированные системы двух- и трехмерного моделирования объектов GS Surfer 9.0, GS Voxler 2.0;
- пакет прикладных офисных программ Microsoft Office 2007 для подготовки и оформления контрольных заданий и отчетов по практическим работам.