

**МИНОБРНАУКИ РОССИИ**

**Федеральное государственное бюджетное образовательное  
учреждение высшего образования "Пермский  
государственный национальный исследовательский  
университет"**

**Кафедра геофизики**

**Авторы-составители: Огородова Ирина Владимировна  
Герасимова Ирина Юрьевна  
Семерикова Ирина Ивановна**

Рабочая программа дисциплины

**ТЕОРЕТИЧЕСКИЕ ОСНОВЫ ОБРАБОТКИ ГЕОФИЗИЧЕСКИХ ДАННЫХ**

Код УМК 94230

Утверждено  
Протокол №9  
от «20» мая 2020 г.

Пермь, 2020

## **1. Наименование дисциплины**

Теоретические основы обработки геофизических данных

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

Дисциплина входит в обязательную часть Блока « С.1 » образовательной программы по направлениям подготовки (специальностям):

Специальность: **21.05.03** Технология геологической разведки

направленность Геофизические методы поисков и разведки месторождений полезных ископаемых

### **3. Планируемые результаты обучения по дисциплине**

В результате освоения дисциплины **Теоретические основы обработки геофизических данных** у обучающегося должны быть сформированы следующие компетенции:

**21.05.03** Технология геологической разведки (направленность : Геофизические методы поисков и разведки месторождений полезных ископаемых)

**ОПК.11** Способен применять основные методы, способы и средства получения, хранения и обработки информации, используя навыки работы с компьютером как средством управления информацией

#### **Индикаторы**

**ОПК.11.1** Использует основные методы, способы и средства получения, хранения и обработки информации

#### 4. Объем и содержание дисциплины

<b>Направления подготовки</b>	21.05.03 Технология геологической разведки (направленность: Геофизические методы поисков и разведки месторождений полезных ископаемых)
<b>форма обучения</b>	очная
<b>№№ триместров, выделенных для изучения дисциплины</b>	10
<b>Объем дисциплины (з.е.)</b>	3
<b>Объем дисциплины (ак.час.)</b>	108
<b>Контактная работа с преподавателем (ак.час.), в том числе:</b>	42
<b>Проведение лекционных занятий</b>	14
<b>Проведение лабораторных работ, занятий по иностранному языку</b>	28
<b>Самостоятельная работа (ак.час.)</b>	66
<b>Формы текущего контроля</b>	Входное тестирование (1) Защищаемое контрольное мероприятие (2) Итоговое контрольное мероприятие (1)
<b>Формы промежуточной аттестации</b>	Экзамен (10 триместр)

## 5. Аннотированное описание содержания разделов и тем дисциплины

### **Введение в предмет. Элементы теории информации. Интегральные преобразования полей**

Успешное освоение содержания данного предмета возможно лишь при достаточном знании основ физики, математики, теории вероятности и математической статистики. Тема 1. Сигналы и шумы, математические модели геофизических полей и их интегральные преобразования. Получение геофизических данных, полезные сигналы и помехи (шумы). Детерминированные и случайные сигналы. Спектральные представления сигналов. Основные формулы и физический смысл спектральных преобразований. Свойства преобразований Фурье. Двумерные (многомерные) преобразования Фурье. Понятие вейвлет – и других видов современного анализа

Тема 2. Расчет параметров линейных систем. Линейные системы. Принципы аддитивности и суперпозиции. Частотные характеристики систем и их основные типы. Временные характеристики систем: импульсная реакция, переходная характеристика, их связь со спектральными характеристиками. Расчет выходных сигналов систем по параметрам входных сигналов во временной и частотной области.

Тема 3. Энергетические и корреляционные характеристики в теории информации. Энергия сигналов. Энергетические спектры. Понятие когерентности. Корреляционные характеристики сигналов: автокорреляция, взаимная корреляция. Их свойства и связь со спектральными энергетическими характеристиками. Многомерные корреляционные функции.

### **Некоторые алгоритмические проблемы интерпретации геофизических данных на ЭВМ, статистические и эвристические методы анализа экспериментальных данных**

Тема 7. Случайные последовательности. Случайные функции. Статистический и детерминистический подход к их анализу. Стационарность и эргодичность. Согласованные и обратные фильтры. Критерии оптимальности. Типы оптимальных фильтров. Нелинейные фильтры.

Тема 8. Продолжение геофизических полей. Задачи и методы трансформаций геофизических полей. Продолжения геофизических геопотенциальных полей.

Тема 9. Некоторые алгоритмические проблемы интерпретации геофизических данных на ЭВМ. Связь длительности сигналов и разрешенности их спектров. Виды функций - окон, их характеристики. Явление Гиббса. Восстановление непрерывных сигналов по дискретным значениям.

Тема 10. Некоторые статистические и эвристические методы анализа данных. Сглаживание, интерполяция и аппроксимация данных. Корреляционно-регрессионный анализ.

### **Дискретные преобразования, случайные последовательности и цифровые фильтры.**

Тема 4. Дискретные преобразования Фурье. Искажение непрерывных функций при дискретизации (дискретизация или квантовании сигналов во времени). Частота Найквиста и теорема отсчетов Котельникова. Выбор шага квантования во времени. Квантование сигналов по уровню. Особенности спектров дискретных функций. Быстрые преобразования Фурье.

Тема 5. Другие виды дискретных преобразований. Дискретные преобразования Лапласа.

Z-преобразования, их свойства. Изображение Z-преобразований в комплексной плоскости.

Геометрическое истолкование корней Z-преобразований. Конструирование фильтров на основе Z-преобразований. Понятие минимально - фазовых, нуль - фазовых и максимально - фазовых сигналов.

Тема 6. Цифровая фильтрация. Понятие цифровых фильтров. Способы (алгоритмы) производства цифровой фильтрации. Типы цифровых фильтров: линейные и нелинейные, постоянные и переменные во времени, одноканальные и многоканальные. Пространственные и пространственно-временные.

### **Работа с функцией (дискретизация, статистические характеристики, прямое и обратное преобразование Фурье). Тестирование в программе Geostat**

Дискретизация функции. Статистические характеристики. Прямое преобразование Фурье. Обратное преобразование Фурье. Низкочастотная фильтрация. Фильтрация в спектральной области.

Z-преобразование. Корреляционные характеристики двухмерного распределения. Функции

автокорреляции (АКФ) и взаимной корреляции (ФВК). Деконволюция. Моделирование в программе Geostat.

Тест № 1. Статистические характеристики геополей. Тест № 2. Спектральные характеристики. Тест № 3. Фильтрация. Тест № 4. Корреляционные характеристики. Тест № 5. Случайные процессы. Тест № 6. Обнаружение.

## **6. Методические указания для обучающихся по освоению дисциплины**

Освоение дисциплины требует систематического изучения всех тем в той последовательности, в какой они указаны в рабочей программе.

Основными видами учебной работы являются аудиторские занятия. Их цель - расширить базовые знания обучающихся по осваиваемой дисциплине и систему теоретических ориентиров для последующего более глубокого освоения программного материала в ходе самостоятельной работы. Обучающемуся важно помнить, что контактная работа с преподавателем эффективно помогает ему овладеть программным материалом благодаря расстановке необходимых акцентов и удержанию внимания интонационными модуляциями голоса, а также подключением аудио-визуального механизма восприятия информации.

Самостоятельная работа преследует следующие цели:

- закрепление и совершенствование теоретических знаний, полученных на лекционных занятиях;
- формирование навыков подготовки текстовой составляющей информации учебного и научного назначения для размещения в различных информационных системах;
- совершенствование навыков поиска научных публикаций и образовательных ресурсов, размещенных в сети Интернет;
- самоконтроль освоения программного материала.

Обучающемуся необходимо помнить, что результаты самостоятельной работы контролируются преподавателем во время проведения мероприятий текущего контроля и учитываются при промежуточной аттестации.

Обучающимся с ОВЗ и инвалидов предоставляется возможность выбора форм проведения мероприятий текущего контроля, альтернативных формам, предусмотренным рабочей программой дисциплины. Предусматривается возможность увеличения в пределах 1 академического часа времени, отводимого на выполнение контрольных мероприятий.

Процедура оценивания результатов обучения инвалидов и лиц с ограниченными возможностями здоровья по дисциплине предусматривает предоставление информации в формах, адаптированных к ограничениям их здоровья и восприятия информации.

При проведении текущего контроля применяются оценочные средства, обеспечивающие передачу информации, от обучающегося к преподавателю, с учетом психофизиологических особенностей здоровья обучающихся.

## **7. Перечень учебно-методического обеспечения для самостоятельной работы обучающихся по дисциплине**

При самостоятельной работе обучающимся следует использовать:

- конспекты лекций;
- литературу из перечня основной и дополнительной учебной литературы, необходимой для освоения дисциплины (модуля);
- текст лекций на электронных носителях;
- ресурсы информационно-телекоммуникационной сети "Интернет", необходимые для освоения дисциплины;
- лицензионное и свободно распространяемое программное обеспечение из перечня информационных технологий, используемых при осуществлении образовательного процесса по дисциплине;
- методические указания для обучающихся по освоению дисциплины.

## 8. Перечень основной и дополнительной учебной литературы

### Основная:

1. Коберниченко В. Г. Радиоэлектронные системы дистанционного зондирования Земли: Учебное пособие/Коберниченко В. Г.-Екатеринбург: Уральский федеральный университет, ЭБС АСВ, 2016, ISBN 978-5-7996-1685-4.-224. <http://www.iprbookshop.ru/68463.html>
2. Спасский Б. А., Герасимова И. Ю. Теоретические основы обработки геофизических данных: учебное пособие для студентов геологического факультета, обучающихся по специальности "Геофизика"/Б. А. Спасский, И. Ю. Герасимова.-Пермь: Издательство Пермского государственного университета, 2011, ISBN 978-5-7944-1619-0.-190.
3. Спасский Б. А., Герасимова И. Ю. Сейсмостратиграфия: учебно-методическое пособие/Б. А. Спасский, И. Ю. Герасимова.-Пермь, 2012, ISBN 978-5-7944-1905-4.-1. <https://elis.psu.ru/node/14379>

### Дополнительная:

1. Спасский Б. А. Цифровая обработка данных сейсморазведки: учебное пособие по спецкурсу/Б. А. Спасский.-Пермь, 1986.-96.



## **9. Перечень ресурсов сети Интернет, необходимых для освоения дисциплины**

<https://habr.com/ru/post/460445/> Курс лекций «Основы цифровой обработки сигналов»

<https://psu.bibliotech.ru/Account/LogOn/> Цифровая библиотека «Библиотех»

<https://elis.psu.ru/> Цифровая библиотека ПГНИУ

<http://elibrary.ru/> Научная электронная библиотека eLIBRARY

[http://elar.urfu.ru/bitstream/10995/65261/1/978-5-7996-2464-4\\_2018.pdf](http://elar.urfu.ru/bitstream/10995/65261/1/978-5-7996-2464-4_2018.pdf) Основы цифровой обработки сигналов

## **10. Перечень информационных технологий, используемых при осуществлении образовательного процесса по дисциплине**

Образовательный процесс по дисциплине **Теоретические основы обработки геофизических данных** предполагает использование следующего программного обеспечения и информационных справочных систем:

Образовательный процесс по данной дисциплине предполагает использование следующего программного обеспечения и информационных справочных систем:

- презентационные материалы (слайды по темам лекционных и практических занятий);
- доступ в режиме on-line в Электронную библиотечную систему (ЭБС)
- доступ в электронную информационно-образовательную среду университета.

Перечень необходимого лицензионного и (или) свободно распространяемого программного обеспечения:

- 1.Офисный пакет приложений;
- 2.Приложение, позволяющее просматривать и воспроизводить медиаконтент PDF-файлов;
- 3.Программы, демонстрации видео материалов (проигрыватель);
- 4.Офисный пакет приложений «LibreOffice».
5. Обучающая система Geostat (РГГРУ, Россия).

При освоении материала и выполнения заданий по дисциплине рекомендуется использование материалов, размещенных в Личных кабинетах обучающихся ЕТИС ПГНИУ ([student.psu.ru](http://student.psu.ru)).

При организации дистанционной работы и проведении занятий в режиме онлайн могут использоваться:

система видеоконференцсвязи на основе платформы BigBlueButton (<https://bigbluebutton.org/>).

система LMS Moodle (<http://e-learn.psu.ru/>), которая поддерживает возможность использования текстовых материалов и презентаций, аудио- и видеоконтент, а так же тесты, проверяемые задания, задания для совместной работы.

система тестирования Indigo (<https://indigotech.ru/>).

## **11. Описание материально-технической базы, необходимой для осуществления образовательного процесса по дисциплине**

Для проведения лекционных занятий необходима учебная аудитория, оснащенная специализированной мебелью, демонстрационным оборудованием (проектор, экран, компьютер/ноутбук) с соответствующим программным обеспечением, меловой (и) или маркерной доской.

Для проведения лабораторных занятий необходима учебная геофизическая лаборатория. Состав оборудования представлен в паспорте учебной геофизической лаборатории.

Для проведения мероприятий текущего контроля и промежуточной аттестации необходима учебная аудитория, оснащенная специализированной мебелью, демонстрационным оборудованием (проектор, экран, компьютер/ноутбук) с соответствующим программным обеспечением, меловой (и) или маркерной

доской, учебная геофизическая лаборатория. Состав оборудования представлен в паспорте учебной геофизической лаборатории.

Для самостоятельной работы используются помещения библиотеки: персональные компьютеры с доступом к локальной сети университета и доступом к интернету.

Для проведения групповых и индивидуальных консультаций необходима учебная аудитория, оснащенная специализированной мебелью, меловой (и) или маркерной доской.

Помещения научной библиотеки ПГНИУ для обеспечения самостоятельной работы обучающихся:

1. Научно-библиографический отдел, корп.1, ауд. 142. Оборудован 3 персональными компьютерами с доступом к локальной и глобальной компьютерным сетям.

2. Читальный зал гуманитарной литературы, корп. 2, ауд. 418. Оборудован 7 персональными компьютерами с доступом к локальной и глобальной компьютерным сетям.

3. Читальный зал естественной литературы, корп.6, ауд. 107а. Оборудован 5 персональными компьютерами с доступом к локальной и глобальной компьютерным сетям.

4. Отдел иностранной литературы, корп.2 ауд. 207. Оборудован 1 персональным компьютером с доступом к локальной и глобальной компьютерным сетям.

5. Библиотека юридического факультета, корп.9, ауд. 4. Оборудована 11 персональными компьютерами с доступом к локальной и глобальной компьютерным сетям.

6. Читальный зал географического факультета, корп.8, ауд. 419. Оборудован 6 персональными компьютерами с доступом к локальной и глобальной компьютерным сетям.

Все компьютеры, установленные в помещениях научной библиотеки, оснащены следующим программным обеспечением:

Операционная система ALT Linux;

Офисный пакет Libreoffice.

Справочно-правовая система «КонсультантПлюс»

**Фонды оценочных средств для аттестации по дисциплине  
Теоретические основы обработки геофизических данных**

**Планируемые результаты обучения по дисциплине для формирования компетенции.  
Индикаторы и критерии их оценивания**

**ОПК.11**

**Способен применять основные методы, способы и средства получения, хранения и обработки информации, используя навыки работы с компьютером как средством управления информацией**

<b>Компетенция (индикатор)</b>	<b>Планируемые результаты обучения</b>	<b>Критерии оценивания результатов обучения</b>
<p><b>ОПК.11.1</b> Использует основные методы, способы и средства получения, хранения и обработки информации</p>	<p>Знать: особенности способов и методик обработки геофизической информации. Уметь: использовать методы, реализованные в программном обеспечении обработки геофизических полей. Владеть: способами и средствами получения и преобразования геофизических данных.</p>	<p align="center"><b>Неудовлетворител</b> Отсутствие знаний.</p> <p align="center"><b>Удовлетворительн</b> Знает отдельные способы и методики обработки геофизической информации. Не умеет использовать методы, реализованные в программных продуктах, позволяющих обрабатывать геофизические данные. Не владеет знаниями, позволяющими получать, преобразовывать и анализировать геофизические данные.</p> <p align="center"><b>Хорошо</b> Знает основные способы и методики обработки геофизической информации. Умеет использовать методы, реализованные в отдельных программных продуктах, позволяющих обрабатывать геофизические данные. Владеет основными знаниями, позволяющими получать, преобразовывать и анализировать геофизические данные.</p> <p align="center"><b>Отлично</b> Знает особенности способов и методик обработки геофизической информации. Умеет использовать методы, реализованные в программном обеспечении обработки геофизических полей. Владеет знаниями, позволяющими получать, преобразовывать и анализировать геофизические данные.</p>

## Оценочные средства текущего контроля и промежуточной аттестации

Схема доставки : Базовая

**Вид мероприятия промежуточной аттестации :** Экзамен

**Способ проведения мероприятия промежуточной аттестации :** Оценка по дисциплине в рамках промежуточной аттестации определяется на основе баллов, набранных обучающимся на контрольных мероприятиях, проводимых в течение учебного периода.

**Максимальное количество баллов :** 100

### Конвертация баллов в отметки

«отлично» - от 81 до 100

«хорошо» - от 61 до 80

«удовлетворительно» - от 43 до 60

«неудовлетворительно» / «незачтено» менее 43 балла

<b>Компетенция (индикатор)</b>	<b>Мероприятие текущего контроля</b>	<b>Контролируемые элементы результатов обучения</b>
<b>Входной контроль</b>	Введение в предмет. Элементы теории информации. Интегральные преобразования полей <b>Входное тестирование</b>	Знание общих понятий математики, физики, теории вероятности.

Компетенция (индикатор)	Мероприятие текущего контроля	Контролируемые элементы результатов обучения
<p><b>ОПК.11.1</b> Использует основные методы, способы и средства получения, хранения и обработки информации</p>	<p>Некоторые алгоритмические проблемы интерпретации геофизических данных на ЭВМ, статистические и эвристические методы анализа экспериментальных данных</p> <p><b>Защищаемое контрольное мероприятие</b></p>	<p>Z-преобразование. Графическое изображение Z-преобразований на плоскости Графическое изображение преобразований Фурье, Лапласа и Z-преобразований Свойства Z-преобразований Корни Z-преобразований (нули и полюса) и их геометрическое истолкование Z-преобразования и форма сигналов. Расчёт АЧХ и ФЧХ по Z-преобразованиям Влияние конечности временных функций на их спектры Характер искажений ограниченных функций: явление Гиббса. Функции – окна Алгоритмы (способы) производства ЦФ. Рекурсивная фильтрация Классификация ЦФ. Переменная и постоянная во времени фильтрация Одно- и многоканальные фильтры. Временная, пространственная и пространственно-временная Обратная фильтрация (деконволюция) и ее разновидности Согласованная фильтрация Детерминистический подход к обработке. Задачи и методы трансформаций и продолжения геопотенциальных полей Сглаживание, интерполяция и аппроксимация данных. Корреляционно-регрессионный анализ. Эвристические алгоритмы Случайные функции, статистический подход к обработке, стационарность и эргодичность случайных функций</p>

Компетенция (индикатор)	Мероприятие текущего контроля	Контролируемые элементы результатов обучения
<p><b>ОПК.11.1</b> Использует основные методы, способы и средства получения, хранения и обработки информации</p>	<p>Дискретные преобразования, случайные последовательности и цифровые фильтры. <b>Защищаемое контрольное мероприятие</b></p>	<p>Единичная функция и переходная характеристика Прямоугольный и единичный импульсы. Импульсная реакция системы Формулы анализа (описания) систем во временной и спектральной области Энергия сигналов. Энергетические спектры Взаимные энергетические спектры. Когерентность функций Функция взаимной корреляции (ФВК) и её спектральный аналог Функция автокорреляции (ФАК) и её спектральный аналог Таблица связи временных функций, спектральных и корреляционных характеристик Дискретные (цифровые) функции. Искажения временных функций при дискретизации. Теорема Котельникова. Частота Найквиста. Выбор шага дискретизации во времени Дискретные преобразования Фурье (основные формулы) Особенности спектров дискретных функций Восстановление аналоговых функций по дискретным функциям. БПФ</p>
<p><b>ОПК.11.1</b> Использует основные методы, способы и средства получения, хранения и обработки информации</p>	<p>Работа с функцией (дискретизация, статистические характеристики, прямое и обратное преобразование Фурье). Тестирование в программе Geostat <b>Итоговое контрольное мероприятие</b></p>	<p>Дискретизация функции. Статистические характеристики. Прямое преобразование Фурье. Обратное преобразование Фурье. Низкочастотная фильтрация. Фильтрация в спектральной области. Z-преобразование. Корреляционные характеристики двумерного распределения Функции автокорреляции (АКФ) и взаимной корреляции (ФВК). Деконволюция. Тестирование по темам: Статистические характеристики геополей. Корреляционные характеристики. Фильтрация. Случайные процессы. Обнаружение. Спектральные характеристики.</p>

### Спецификация мероприятий текущего контроля

#### Введение в предмет. Элементы теории информации. Интегральные преобразования полей

Продолжительность проведения мероприятия промежуточной аттестации: **.5 часа**

Условия проведения мероприятия: **в часы аудиторной работы**

Максимальный балл, выставляемый за мероприятие промежуточной аттестации: **0**

Проходной балл: **0**

Показатели оценивания	Баллы
Знание основ теории вероятности	5
Знание основ математики	5

#### Некоторые алгоритмические проблемы интерпретации геофизических данных на ЭВМ, статистические и эвристические методы анализа экспериментальных данных

Продолжительность проведения мероприятия промежуточной аттестации: **.5 часа**

Условия проведения мероприятия: **в часы аудиторной работы**

Максимальный балл, выставляемый за мероприятие промежуточной аттестации: **30**

Проходной балл: **13**

Показатели оценивания	Баллы
Владеет продолжением геофизических полей	13
Умеет анализировать данные	9
Знает случайные последовательности	8

#### Дискретные преобразования, случайные последовательности и цифровые фильтры.

Продолжительность проведения мероприятия промежуточной аттестации: **.5 часа**

Условия проведения мероприятия: **в часы аудиторной работы**

Максимальный балл, выставляемый за мероприятие промежуточной аттестации: **30**

Проходной балл: **13**

Показатели оценивания	Баллы
Умеет проводить цифровую фильтрацию	13
Знает дискретные преобразования Фурье	9
Владеет другими видами преобразований	8

#### Работа с функцией (дискретизация, статистические характеристики, прямое и обратное преобразование Фурье). Тестирование в программе Geostat

Продолжительность проведения мероприятия промежуточной аттестации: **1 часа**

Условия проведения мероприятия: **в часы аудиторной работы**

Максимальный балл, выставляемый за мероприятие промежуточной аттестации: **40**

Проходной балл: **17**

Показатели оценивания	Баллы
Дискретизация функции. Статистические характеристики	17
Z-преобразования Деконволюция Корреляционные характеристики двухмерного	6

распределения	
Прямое преобразование Фурье Обратное преобразование Фурье	6
Фильтрация в спектральной области Функции автокорреляции (АКФ) и взаимной корреляции (ФВК)	6
Тестирование в программе Geostat	5