

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего  
профессионального образования

Московский государственный университет имени М.В. Ломоносова

**ВЫСШАЯ ШКОЛА ИННОВАЦИОННОГО БИЗНЕСА МГУ**

УТВЕРЖДАЮ  
Декан факультета  
проф. Кошут Д.Г.  
«18» января 2022 г.



**РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ**

**Наименование дисциплины (модуля):**

*Математическая обработка сейсмических данных*

**Уровень высшего образования:**

*магистратура*

**Направление подготовки (специальность):**

*05.04.01. «Геология»*

**Направленность (профиль) ОПОП:**

*Магистерская программа «Геолого-геофизические исследования нефтяных и  
газовых месторождений»*

**Форма обучения:**

*очная*

Рабочая программа  
рассмотрена и одобрена на Административном Совете  
(протокол № 3, дата 18.01.2022)

Москва 2022

Рабочая программа дисциплины (модуля) разработана в соответствии с самостоятельно установленным МГУ образовательным стандартом (ОС МГУ) для реализуемых основных профессиональных образовательных программ высшего образования по направлению подготовки 05.04.01. «Геология».

ОС МГУ утвержден решением Ученого совета МГУ имени М.В.Ломоносова от \_\_\_\_\_ 20 \_\_\_\_ года (протокол №\_\_).

Год (годы) приема на обучение \_\_\_\_\_

© Высшая школа инновационного бизнеса МГУ имени М.В. Ломоносова  
Программа не может быть использована другими подразделениями университета и другими вузами без разрешения факультета.

### 1. Цели и задачи дисциплины

Цель курса. Знакомство с основной терминологией и принципами современных методов обработки данных (преимущественно геофизического характера) на примере использования пакета MATLAB.

Задача курса - ознакомить не специализировавшихся ранее в области математической геофизики с необходимыми понятиями и современными методами обработки данных. Базовые понятия спектральной теории, моделирования и статистики в должны быть освоены на примере решения реальных задач обработки геофизических данных. Учитывая имеющуюся у слушателей определенную неравномерность исходной математической подготовки, курс рассчитан на прояснение связей между изучавшимися ранее главами высшей математики и практическими задачами математического моделирования в естествознании.

2. Место дисциплины в структуре ОПОП ВО - дисциплина относится к вариативной части ОПОП ВО, курс 1, семестр 1.

### 3. Входные требования для освоения дисциплины (модуля):

Как учебная дисциплина она является одной из основополагающих в освоении дисциплин вариативной части магистерской программы. Неразрывно связана с базовыми дисциплинами по математической и информационной обработке данных.

### 4. Планируемые результаты обучения по дисциплине (модулю), соотнесенные с требуемыми компетенциями выпускников

Компетенции выпускников, формируемые (полностью или частично) при реализации дисциплины:

Компетенции выпускников (коды)	Индикаторы (показатели) достижения компетенций	Планируемые результаты обучения по дисциплине (модулю), сопряженные с компетенциями
ОПК-1	М.ОПК-1. И-1. Использует на практике знания фундаментальных и прикладных разделов дисциплин, определяющих профиль подготовки, при решении исследовательских и прикладных задач профессиональной деятельности.	<i>Знать</i> <ul style="list-style-type: none"><li>теоретические основы математической обработки данных</li></ul> <i>Уметь</i> <ul style="list-style-type: none"><li>Обрабатывать полученные результаты исследования</li><li>Формулировать выводы исследования</li><li>Составлять аналитические отчеты и рекомендации по внедрению результатов исследования</li></ul>
МПК-1	МПК-1.3. Знает теоретические основы математической обработки данных	<i>Знать</i> <ul style="list-style-type: none"><li>теоретические основы построения геолого-геофизических моделей месторождений и математические методы, лежащие в основе</li></ul>

		моделирования
МПК-2	МПК-2.3 Умеет использовать специализированные математические знания для сейсмической обработки данных	<p><i>Уметь</i></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• выполнять вычисления в программе MATLAB</li> </ul> <p><i>Владеть</i></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• владеть методами нелинейной алгебры и их реализации в программном пакете MATLAB</li> </ul>
МПК-3	МПК – 3.3 Умеет интерпретировать результаты полученные в ходе математической обработки данных	<p><i>Уметь</i></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• интерпретировать данные результаты исследований,</li> <li>• Выполнять преобразования данных.</li> </ul>

5. **ОБЪЕМ ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ)** 2 з.е., в том числе 28 академических часов на контактную работу обучающихся с преподавателем, (28 часов - семинары), 4 часа групповых консультаций, 4 часа промежуточная аттестация, 36 академических часа на самостоятельную работу обучающихся

6. **ФОРМАТ ОБУЧЕНИЯ** очный, семинарские занятия.

7. **СОДЕРЖАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ)**, структурированное по темам (разделам) с указанием отведенного на них количества академических или астрономических часов и виды учебных занятий

Наименование и краткое содержание разделов и тем дисциплины (модуля),  Форма промежуточной аттестации по дисциплине (модулю)	Всего (часы)	В том числе							
		Контактная работа (работа во взаимодействии с преподавателем) <i>Виды контактной работы, часы*</i>					Самостоятельная работа обучающегося <i>Виды самостоятельной работы, часы</i>		
		Занятия лекционного типа	Занятия семинарского типа	Групповые консультации	Индивидуальные консультации	Всего			Всего
Раздел 1. Методы линейной алгебры и их реализация в пакете MATLAB	20		8			8		Выполнение индивидуальных заданий, тестирование	12
Раздел 2. Обработка и моделирование геофизических данных	22		10			10		Выполнение индивидуальных заданий, тестирование	12
Раздел 3. Геостатистика	22		10			10		Выполнение индивидуальных заданий, тестирование	12
Консультации	4			4					
Промежуточная аттестация	4								4
<b>Итого</b>	<b>72</b>	<b>28</b>						<b>44</b>	

## Содержание разделов дисциплины:

### **РАЗДЕЛ I. Методы линейной алгебры и их реализация в пакете MATLAB**

**Необходимые сведения из математики.** Векторы, матрицы и многомерные массивы. Геометрический смысл линейных преобразований. Комплексные числа и арифметические действия с ними. Экспонента комплексного числа, формула Муавра. Элементарные функции и их комплексные аналоги.

**Вычисления и язык пакетов MATLAB/OCTAVE.** Алгебраические действия с векторами и матрицами в пакете MATLAB/OCTAVE. Графические возможности пакета, визуализация многомерных векторных данных. Комплексные векторы и визуализация комплексных массивов.

**Линейные операции, решение систем линейных уравнений, операторы и собственные векторы.** Координаты в многомерном векторном пространстве. Базис, замена базиса. Практические вычисления в разных базисах, построение матриц перехода. Матрицы и линейные операторы. Обратная матрица. Решение матричных уравнений. Собственные векторы оператора сдвига в  $n$ -мерном пространстве. Базис Фурье как набор собственных векторов оператора сдвига. Преобразование Фурье (дискретное).

### **РАЗДЕЛ II. Обработка и моделирование геофизических данных**

**Преобразование Фурье и фильтрация.** Свойства регистрируемых сигналов и задачи фильтрации. Преобразование Фурье и фильтрация в частотной области. Фильтрация во временной области. Свертки и их вычисление. Корреляционные функции и амплитудные спектры. Оконная фильтрация и краевые эффекты. Понятие о спектральном оценивании. Деконволюция. Сверточные модели в геофизике.

**Элементы теории приближений и математического моделирования.** Задача приближения массива данных в классе функций. Метод наименьших квадратов, нормальные уравнения. Практическое вычисление приближений полиномами заданной степени. Практические методы нахождения неизвестных коэффициентов для полиномиальных и нелинейных моделей данных.

**Элементы теории вероятностей и статистики.** Понятие о случайной величине и ее функции распределения. Плотности распределений. Гистограммы и оценки плотностей. Случайные величины и случайные векторы. Независимость и понятие статистической выборки. Независимость и зависимость на примере распределения двумерных случайных векторов. Преобразование плотностей при арифметических действиях со случайными величинами.

**Числовые характеристики и корреляции.** Числовые характеристики случайных величин и их прикладной смысл. Корреляция как признак зависимости. Вычисление корреляций и ковариаций. Ранговые корреляции и их вычисление. Стандартное отклонение, неравенство Чебышева, их связь с понятием точности измерений. Часто встречающиеся случайные величины и их характеристики. Пример идентификации модели распределения по выборке (статистическая гипотеза и ее проверка).

**Описание данных на языке теории случайных процессов и случайных полей.** Понятие о случайном процесс. Реализации процесса, стационарность. Корреляционная

функция стационарного процесса и другие характеристики. Понятие об эргодичности . Аналог разложения Фурье для случайных процессов. Модели в геостатистике, понятие о кригинг-моделях.

### ***Раздел 3. Геостатистика***

Стохастический мир и математический формализм для описания неконтролируемых неточностей. Основные понятия теории вероятностей.

Что такое статистика вообще и на какие вопросы она может/не может отвечать. Базовые предположения для применения статистики --- всегда ли они выполнены в данных реальных геофизических измерений?

Компьютерное моделирование случайных величин и законов распределения, принципы визуализации. Когда реальные данные не следует рассматривать как выборку случайной величины?

Арифметические преобразования данных --- как меняется распределение? Конкретные примеры и их моделирование компьютерными скриптами на языке Python и/или MATLAB

Статистические формулы в теории и когда их бессмысленно применять на практике. Разбор основных примеров и контрпримеров.

Законы распределения случайных величин, часто встречающиеся в естествознании. Смысл предельных теорем теории вероятностей.

Трудности интерпретации и некоторые приемы визуализации логнормально распределенных данных, данных для которых не определены привычные статистические характеристики и т.п.

Зависимость функциональная и зависимость статистическая. Визуализация статистической зависимости и методы оценки зависимости. Трудности и артефакты обработки.

Понятие о случайном процессе и связанная с этим понятием терминология. Случайные процессы в естествознании и основные принципы их моделирования.

Выделение детерминистических компонент в случайном процессе. Частные случаи и регрессии.

Винеровский процесс в дискретном и непрерывном времени, примеры моделирования природных процессов.

Понятие о случайном поле и связанная с этим понятием терминология. Случайные поля и случайные процессы, идея геостатистики и ее специфичность. Оценки коррелограммов и вариограмм на примерах.

**8. ФОНД ОЦЕНОЧНЫХ СРЕДСТВ** для оценивания результатов обучения по дисциплине (модулю):

**8.1. Типовые контрольные задания или иные материалы для проведения текущего контроля успеваемости.**

#### ***Перечень примерных заданий для текущей аттестации по курсу:***

Контрольные вопросы по каждому разделу курса всегда формулировались как практическое написание скрипта на языке MATLAB для выполнения соответствующего

раздела теории, например:

1. Дана цифровая запись сигнала, сгладить ее методом скользящего окна с указанными весами
2. Дана матрица линейного оператора, составленная из сигналов в цифровой записи, найти ее собственные числа и собственные векторы, визуализировать ответ.
3. Дано семейство цифровых сигналов, применить к каждому полосовой фильтр.
4. Написать скрипт, реализующий фильтрацию указанного вида. Визуализировать ответ и промежуточные результаты.

Контрольные вопросы по каждому разделу курса формулировались как практическое написание скрипта на языках PYTHON или MATLAB для иллюстрации соответствующего раздела теории, например:

1. Дана выборка значений равномерной в  $[0,2]$  случайной величины. Построить гистограмму распределения квадрата этой случайной величины, аналитически найти формулу соответствующей плотности.
2. Дана выборка значений равномерной в  $[0,2]$  случайной величины  $X$ . Построить гистограмму распределения случайной величины  $Y=1/X$ , указать смысл ответов при вычислении на компьютере среднего и дисперсии  $Y$ . аналитически найти формулу соответствующей плотности.
3. По файлу данных выборки случайной величины разобраться, какие моменты имеются у этой случайной величины.
4. По файлу двумерной выборки (например, равномерно распределенной в ромбе  $|x|+|y|< 1$ ) разобраться с наличием, отсутствием статистической зависимости между компонентами.
5. С помощью ранговой корреляции оценить зависимость в многомерных данных,
6. предполагается, что данные содержат ошибки при цифровой записи обычно маркируемые как 99999.
7. Для выборки данных случайного поля построить вариограмму. Визуализировать данные и разобраться в достоверности полученного ответа.
8. Найти нелинейную регрессию в предложенных данных.

## **8.2. Типовые контрольные задания или иные материалы для проведения промежуточной аттестации.**

### **Примерный перечень вопросов при промежуточной аттестации**

1. Цифровая запись сигналов и методы обработки. Простые вычислительные задачи с использованием стандартных математических пакетов.
2. Оператор сдвига цифровых рядов и его запись в матричном виде. Собственные числа и собственные векторы.
3. Частоты дискретизованного сигнала и вычислительные формулы.
4. Частоты дискретизованного сигнала и дискретное преобразование Фурье. Визуализация и написание простых компьютерных программ.
5. Фильтрация дискретизованных сигналов во временной и частотной областях. Обратное преобразование Фурье.
6. Алгоритмы и их запись в непрерывном времени. Альясинг.
7. Математические методы, использующиеся при обработке сейсмограмм.

## **8.3. ШКАЛА И КРИТЕРИИ ОЦЕНИВАНИЯ**

<b>ШКАЛА И КРИТЕРИИ ОЦЕНИВАНИЯ результатов обучения (РО) по дисциплине (модулю)</b>
---



Оценка РО и соответствующие виды оценочных средств	2 (не зачтено)	3 (зачтено)	4	5
<b>Знания</b> (виды оценочных средств: устные и письменные опросы и контрольные работы, тесты, и т.п.)	Отсутствие знаний	Фрагментарные знания	Общие, но не структурированные знания	Сформированные систематические знания
<b>Умения</b> (виды оценочных средств: практические контрольные задания, написание и защита рефератов на заданную тему и т.п.)	Отсутствие умений	В целом успешное, но не систематическое умение	В целом успешное, но содержащее отдельные пробелы умение (допускает неточности непринципиального характера)	Успешное и систематическое умение
<b>Навыки (владения, опыт деятельности)</b> (виды оценочных средств: выполнение и защита курсовой работы, отчет по практике, отчет по НИР и т.п.)	Отсутствие навыков (владений, опыта)	Наличие отдельных навыков (наличие фрагментарного опыта)	В целом, сформированные навыки (владения), но используемые не в активной форме	Сформированные навыки (владения), применяемые при решении задач

## **9.. РЕСУРСНОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ:**

### **9.1.Перечень основной литературы**

1. Основы программирования в системе MATLAB: Учебное пособие / Кошкидько В.Г., Панычев А.И. - Таганрог:Южный федеральный университет, 2016. - 84 с.: ISBN 978-5-9275-2048-0 - Режим доступа: <http://znanium.com/catalog/product/991834>
2. Геостатистика в нефтяной геологии / Оливье Дюбрюль ; пер. с англ. И. Ю. Облачко под ред. С. В. Охотиной. - Ижевск : НИЦ "Регуляр. и хаот. динамика" : Ин-т компьютер. исслед., 2009. - 255,

### **9.2.Перечень дополнительной литературы**

1. Цифровая обработка сигналов / А. Оппенгейм, Р. Шафер ; пер. с англ. под ред. С. Ф. Боева. - М. : Техносфера, 2012. - 1046 с.;
2. Мейкин Дж, Уэрдингтон М., Хаттон Л. Обработка сейсмических данных. Теория и практика. М.: МИР, 1989. – 216 с. Режим доступа <http://www.geokniga.org/books/4903>
3. Основы программирования в MatLab : учеб. пособие для студентов вузов. / О. Г. Ревинская. - СПб.: БХВ-Петербург, 2016. - 206, [1] с

***9.3.Перечень лицензионного программного обеспечения (при необходимости)***

Пакет MATLAB/OCTAVE

***9.4.Перечень профессиональных баз данных и информационных справочных систем***

отсутствует

***9.5.Перечень ресурсов информационно-телекоммуникационной сети «Интернет» (при необходимости)***

отсутствует

***9.6.Описание материально-технического обеспечения.***

Компьютерный класс, компьютер с доступом в Интернет, проекционное оборудование для презентаций, средства звуковоспроизведения, экран.

***10. ЯЗЫК ПРЕПОДАВАНИЯ.*** - русский

***11. ПРЕПОДАВАТЕЛЬ (ПРЕПОДАВАТЕЛИ).*** – Хохлов Андрей Владимирович, доктор физико-математических наук, профессор, геологического факультета МГУ.

***12. АВТОР (АВТОРЫ) ПРОГРАММЫ.*** – Хохлов Андрей Владимирович, доктор физико-математических наук, профессор, геологического факультета МГУ.