

Компонент ОПОП 21.05.03 Технология геологической разведки  
наименование ОПОП

Б1.В.07  
шифр дисциплины

## РАБОЧАЯ ПРОГРАММА

Дисциплины  
(модуля)

Математические методы анализа геофизических данных

Разработчик:

Кузнецов АВ  
ФИО

доцент  
должность

\_\_\_\_\_  
ученая степень,  
звание

Утверждено на заседании кафедры  
морского нефтегазового дела  
наименование кафедры

протокол № \_\_\_\_\_ от \_\_\_\_\_

Заведующий кафедрой Васеха М.В.

\_\_\_\_\_  
подпись

\_\_\_\_\_  
ФИО

Мурманск  
2023

## Пояснительная записка

Объем дисциплины   4   з.е.

### 1. Результаты обучения по дисциплине (модулю), соотнесенные с индикаторами достижения компетенций, установленными образовательной программой

Компетенции	Индикаторы достижения компетенций	Результаты обучения по дисциплине (модулю)
<p><b>ПК-4</b> Способен обрабатывать и интерпретировать геофизические данные отдельно и в комплексе с геолого-геофизическими данными.</p>	<p><b>ИД-4.1</b> Знает основные способы и алгоритмы обработки и интерпретации данных, формы представления результатов интерпретации геофизических данных, факторы, от которых зависит достоверность и точность интерпретации.</p> <p><b>ИД-4.2</b> Составляет алгоритмы обработки и интерпретации геофизических данных; применяет классификационные алгоритмы обработки, методы распознавания образов и компонентный анализ при обработке и интерпретации многопризнаковых геолого-геофизических наблюдений, автоматизировать процессы обработки и интерпретации, в том числе в комплексе с другими геологическими методами.</p> <p><b>ИД-4.3</b> Использует навыки обработки и интерпретации геофизических данных, оценки достоверности интерпретации.</p>	<p><b>Знать:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- основные способы и алгоритмы обработки и интерпретации данных</li> <li>- формы представления результатов интерпретации геофизических данных</li> <li>- факторы, от которых зависит достоверность и точность интерпретации.</li> </ul> <p><b>Уметь:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- составлять алгоритмы обработки и интерпретации геофизических данных</li> <li>- применяет классификационные алгоритмы обработки, методы распознавания образов и компонентный анализ при обработке и интерпретации многопризнаковых геолого-геофизических наблюдений, автоматизировать процессы обработки и интерпретации, в том числе в комплексе с другими геологическими методами.</li> </ul> <p><b>Владеть:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- навыками обработки и интерпретации геофизических данных, оценки достоверности интерпретации.</li> </ul>
<p><b>ПК-5</b> Способен проводить математическое моделирование и изучение геофизических процессов с применением современных геофизических информационных систем.</p>	<p><b>ИД-5.1</b> Использует навыки выполнения математического моделирования и исследования геофизических процессов, в том числе с применением специализированных программных средств.</p> <p><b>ИД-5.2</b> Использует навыки построения цифровых моделей месторождений, применяет основные автоматизированные</p>	<p><b>Знать:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- принципы и методы моделирования геофизических полей и процессов,</li> <li>- принципы решения прямых и обратных задач геофизики,</li> <li>- физико-математическую теорию геофизических полей.</li> </ul> <p><b>Уметь:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- моделировать геофизические поля и процессы,</li> <li>- давать геологическое</li> </ul>

	<p>системы обработки и интерпретации геофизических данных.</p>	<p>истолкование результатов обработки и интерпретации геофизических данных.  <b>Владеть:</b>  - анализом и обработкой первичных геофизических данных,  - использовать компьютерные программы анализа и обработки геофизической информации,  - подготовкой заданий и отчётов по проектам обработки и интерпретации геофизических данных,  - навыками визуализации геолого-геофизической информации и результатов её обработки и интерпретации  - навыками разработки специализированных программ для ЭВМ.</p>
--	--	--

## 2. Содержание дисциплины (модуля)

### **Тема 1. Методы математической физики.**

Основные уравнения математической физики: теплопроводности, Пуассона, Лапласа, волновое, Гельмгольца, Навье-Стокса, описываемые ими физические процессы и применение в геофизике. Постановка краевых задач математической физики. Теория потенциала. Гармонические функции и их свойства. Краевые задачи теории потенциала. Применение в геофизике. Нормальное поле силы тяжести. Редукции силы тяжести. Теория волн. Принцип Гюйгенса. Метод Кирхгофа. Гармонические колебания. Сейсмические волны. Отражение и преломление. Распространение плоских волн в слоистой среде. Волноводы. Задача Лэмба о волнах, возбуждаемых точечными источниками в упругом полупространстве. Поверхностные упругие волны. Волна Рэлея, волна Лява. Электромагнитные волны, их распространение в геологической среде.

### **Тема 2. Численные методы.**

Задачи аппроксимации и интерполяции функций. Интерполяция полиномами. Наилучшее равномерное приближение. Численное интегрирование функций. Численное решение систем линейных алгебраических уравнений. Прямые методы. Итерационные методы. Численное решение задач метода наименьших квадратов. Система нормальных уравнений, метод SVD-разложения. Численное решение обыкновенных дифференциальных уравнений и их систем. Разностные схемы. Численное решение уравнений в частных производных. Методы конечных разностей и конечных элементов.

### **Тема 3. Моделирование геофизических полей и процессов. Прямые задачи геофизики.**

Методы расчёта полей времён сейсмических волн в слоистых и трёхмерно-неоднородных средах. Лучевые методы. Метод, основанный на численном решении уравнения эйконала. Методы расчёта волновых полей. Методы расчёта электромагнитных полей в коре Земли. Моделирование миграции флюидов в пористых средах. Расчёт термических полей в литосфере Земли. Вклад радиоактивности. Континентальная изотерма. Модели формирования океанической литосферы, океаническая изотерма.

### **Тема 4. Обратные задачи геофизики.**

Постановка обратных задач. Задачи на условный и безусловный минимум. Вариационные

методы. Понятие корректности по Адамару. Некорректные и условно-корректные обратные задачи. Метод регуляризации А.Н. Тихонова. Обратные задачи теории потенциала. Методы аналитического (аппроксимационного) продолжения, особые точки аномальных полей. Определение интегральных характеристик возмущающих масс. Единственность в рудных и структурных обратных задачах. Обратные задачи сейсмологии. Обратные задачи кинематической сейсмологии, способы их решения. Сейсмическая томография. Обратные задачи метода поверхностных волн.

**Тема 5.** *Статистические методы обработки и интерпретации геофизических данных.*

Вероятностная модель экспериментального материала. Понятие статистической гипотезы. Проверка статистических гипотез. Ошибки первого и второго рода, их вероятности. Правила принятия решений, критерии оптимальности. Случайные процессы. Геофизические поля как случайные процессы. Обнаружение сигналов на фоне помех. Оценки параметров сигналов по выборке. Свойства оценок: состоятельность, несмещённость, эффективность. Оптимальная фильтрация по Колмогорову-Винеру, её применение в задачах разделения и интерполяции аномальных полей. “Предсказывающая” деконволюция в обработке сейсмических записей. Статистическое обоснование метода наименьших квадратов, свойства минимально-квадратических оценок.

**Тема 6.** *Математическое программирование и организация вычислений.*

Принципы построения ЭВМ. Процессор, оперативная память, ПЗУ, системная шина. Периферийные устройства. Операционные системы. Общие принципы организации операционных систем. Многопроцессные и многопоточные системы. Разделение времени, памяти и других ресурсов. Система прерываний. Операционные системы Windows, UNIX (Linux, Free BSD, Sun OS и т.д.). Общие принципы математического программирования. Структурное программирование. Объектно-ориентированное программирование. Пакетный и диалоговый режимы обработки. Управление событиями пользовательского интерфейса. Языки программирования высокого уровня. Объектно-ориентированные языки. Специальные системы математических расчётов. Параллельные вычисления. Организация вычислений в многопроцессорных системах и кластерах.

### **3. Перечень учебно-методического обеспечения дисциплины (модуля)**

- мультимедийные презентационные материалы по дисциплине (модулю) представлены в электронном курсе в ЭИОС МАУ;
- методические указания к выполнению практических работ представлены в электронном курсе в ЭИОС МАУ;
- методические указания к выполнению лабораторных работ представлены в электронном курсе в ЭИОС МАУ;
- методические указания к выполнению курсовой работы представлены в электронном курсе в ЭИОС МАУ;
- методические материалы для обучающихся по освоению дисциплины (модуля) представлены на официальном сайте МАУ в разделе [«Информация по образовательным программам, в том числе адаптированным»](#).

### **4. Фонд оценочных средств по дисциплине (модулю)**

Является отдельным компонентом образовательной программы, разработан в форме отдельного документа, представлен на официальном сайте МАУ в разделе [«Информация по образовательным программам, в том числе адаптированным»](#). ФОС включает в себя:

- перечень компетенций с указанием этапов их формирования в процессе освоения дисциплины (модуля);
- задания текущего контроля;
- задания промежуточной аттестации;

- задания внутренней оценки качества образования.

**5. Перечень основной и дополнительной учебной литературы** (печатные издания, электронные учебные издания и (или) ресурсы электронно-библиотечных систем)

**Основная литература:**

1. Владимиров В. С.. Уравнения математической физики.- М.: Наука, 1988.512 с;
2. Тихонов А.Н., Арсенин В.Я. Методы решения некорректных задач. - М.: Наука. 1986. 288 с.;
3. Тутубалин В.Н. Теория вероятностей и случайных процессов. 400 стр. М.: Изд-во МГУ. 1992..

**Дополнительная литература:**

4. Аки К., Ричардс П. Количественная сейсмология, в 2-х томах. М.: Мир. 1983.;
5. Теркот Д., Шуберт Дж. Геодинамика. Геологические приложения физики сплошных сред. М., Мир., 1985. Т.1, 374 с. Т.2, 230с.,
6. Троян В.Н. Принципы решения обратных геофизических задач. С.-Пб. Изд. СПбГУ. 2007. 197 с.,
7. Формалев В.Д., Ревизников Д.Л. Численные методы. 2004 г.,
8. Яновская Т. В., Порохова Л. Н. Обратные задачи геофизики: Учеб. пособие.- 2-е изд., доп. и перераб. - СПб.: Изд-во С.-Петербур. ун-та, 2004. 214 с..

**6. Профессиональные базы данных и информационные справочные системы**

1. Научно-технический журнал «Геофизические технологии» - <https://www.rjgt.ru/jour/index>.
2. Научно-технический вестник «Каротажник» – <https://www.karotazhnik.ru>.
3. Информационно-издательский центр по геологии и недропользованию Министерства природных ресурсов и экологии Российской Федерации - ООО "ГЕОИНФОРММАРК"- <http://www.geoinform.ru>
4. Мировая цифровая библиотека: <http://wdl.org/ru>
5. Электронно-библиотечная система «IPR BOOKS» <http://www.iprbookshop.ru>
6. Научная электронная библиотека «eLIBRARY»: <https://elibrary.ru>
7. Поисковые системы Yandex, Googl, Yahoo и др.

**7. Перечень лицензионного и свободно распространяемого программного обеспечения, в том числе отечественного производства**

1. Операционная система Microsoft Windows 7. Программные продукты Microsoft (подписка на образовательные лицензии, сетевые версии), участие в академической программе Microsoft Azure Dev Tools for Teaching. Идентификаторы подписок (Azure Dev Tools for Teaching Subscription ID): Институт арктических технологий – ICM-167652, счет-фактура №IM22116 от 12.11.2018, счет №9552401799 от 10.12.2018
2. Офисный пакет MicrosoftOffice 2010 RussianAcademicOPEN, лицензия № 47233444 от 30.07.2010 (договор 32/285 от 27.07. 2010)
3. *Wolfram Mathematica Professional (Network Server, Network Increment) 8.x/9.x (сетеваяверсия), номерлицензии L3477-6735 от 20.11.2012 г. (договор 26/32/277 от 15.11.2012 г.)*

**8. Обеспечение освоения дисциплины лиц с инвалидностью и ОВЗ**

Обучающиеся из числа инвалидов и лиц с ОВЗ обеспечиваются печатными и (или) электронными образовательными ресурсами в формах, адаптированных к ограничениям их здоровья.

**9. Материально-техническое обеспечение дисциплины (модуля)** представлено в

приложении к ОПОП «Материально-технические условия реализации образовательной программы» и включает:

- учебные аудитории для проведения учебных занятий, предусмотренных программой специалитета, оснащенные оборудованием и техническими средствами обучения;

- помещения для самостоятельной работы обучающихся, оснащенные компьютерной техникой с возможностью подключения к сети «Интернет» и обеспечением доступа к электронной информационно-образовательной среде МАУ;

### 10. Распределение трудоемкости по видам учебной деятельности

Таблица 1 - Распределение трудоемкости

Вид учебной деятельности	Очная форма обучения	
	5 курс/ 9 семестр	Всего часов
Лекции	20	20
Лабораторные работы	32	32
Самостоятельная работа	92	92
<b>Всего часов по дисциплине</b>	<b>144</b>	<b>144</b>
/ из них в форме практической подготовки	32	32
<b>Формы промежуточной аттестации и текущего контроля</b>		
Экзамен	-	-
Зачет/зачет с оценкой	1 (ЗаО)	1 (ЗаО)
Курсовая работа (проект)	-	-
Расчетно-графическая работа	1	1
Контрольная работа	-	-
Реферат	-	-
Эссе	-	-

### Перечень лабораторных работ.

№ п/п	Темы лабораторных работ
1	2
1	Комплексные числа.
2	Корреляционно-регрессионный анализ.
3	Дисперсионный и факторный анализ.
4	Факторный и компонентный анализ.
5	Спектральный анализ геофизических сигналов.
6	Линейная фильтрация геофизических полей.