

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



УТВЕРЖДАЮ

Проректор по образовательной деятельности КФУ

Проф. Таюрский Д.А.

\_\_\_\_\_ 20\_\_ г.

*подписано электронно-цифровой подписью*

### Программа дисциплины

Некорректные задачи геофизики Б1.В.ОД.4

Направление подготовки: 05.03.01 - Геология

Профиль подготовки: Геофизика

Квалификация выпускника: бакалавр

Форма обучения: очное

Язык обучения: русский

**Автор(ы):**

Утемов Э.В.

**Рецензент(ы):**

Червиков Б.Г.

### **СОГЛАСОВАНО:**

Заведующий(ая) кафедрой: Нургалиев Д. К.

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

Учебно-методическая комиссия Института геологии и нефтегазовых технологий:

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

Регистрационный No 3618

Казань  
2018

## Содержание

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

Программу дисциплины разработал(а)(и) доцент, к.н. Утемов Э.В. кафедра геофизики и геоинформационных технологий Институт геологии и нефтегазовых технологий , Edward.Utemov@kpfu.ru

### 1. Цели освоения дисциплины

Ознакомить студентов с теоретическими основами методов решения некорректно поставленных задач геофизики.

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

Данная учебная дисциплина включена в раздел " Б1.В.ОД.4 Дисциплины (модули)" основной образовательной программы 05.03.01 Геология и относится к обязательным дисциплинам. Осваивается на 4 курсе, 7 семестр.

Б2.В.4 Математический и естественнонаучный цикл. Для изучения дисциплины "Некорректные задачи геофизики" необходимо обладание знаниями в области математики и физики уровня средней школы. Изучается на 4 курсе в 7 семестре.

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

В результате освоения дисциплины формируются следующие компетенции:

| Шифр компетенции                        | Расшифровка приобретаемой компетенции   |
|---|---|
| ОПК-3<br>(профессиональные компетенции) | способностью использовать в профессиональной деятельности базовые знания математики и естественных наук   |
| ОПК-4<br>(профессиональные компетенции) | способностью решать стандартные задачи профессиональной деятельности на основе информационной и библиографической культуры с применением информационно-коммуникационных технологий и с учетом основных требований информационной безопасности                                     |
| ПК-1<br>(профессиональные компетенции)  | способностью использовать знания в области геологии, геофизики, геохимии, гидрогеологии и инженерной геологии, геологии и геохимии горючих ископаемых, экологической геологии для решения научно-исследовательских задач (в соответствии с направленностью (профилем) подготовки) |
| ПК-2<br>(профессиональные компетенции)  | способностью самостоятельно получать геологическую информацию, использовать в научно-исследовательской деятельности навыки полевых и лабораторных геологических исследований (в соответствии с направленностью (профилем) подготовки)   |
| ПК-3<br>(профессиональные компетенции)  | способностью в составе научно-исследовательского коллектива участвовать в интерпретации геологической информации, составлении отчетов, рефератов, библиографий по тематике научных исследований, в подготовке публикаций  |

В результате освоения дисциплины студент:

1. должен знать:

основные понятия и методы функционального анализа, разделов линейной алгебры, интегральных уравнений, нелинейной оптимизации, теории построения устойчивых приближенных решений некорректно поставленных задач.

2. должен уметь:

применять методы и алгоритмы, относящиеся к разделам курса, при решении геофизических задач.

3. должен владеть:

навыками применения математических моделей для описания физических процессов.

#### 4. Структура и содержание дисциплины/ модуля

Общая трудоемкость дисциплины составляет 2 зачетных(ые) единиц(ы) 72 часа(ов).

Форма промежуточного контроля дисциплины зачет в 7 семестре.

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

86 баллов и более - "отлично" (отл.);

71-85 баллов - "хорошо" (хор.);

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

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

#### 4.1 Структура и содержание аудиторной работы по дисциплине/ модулю

##### Тематический план дисциплины/модуля

| N  | Раздел<br>Дисциплины/<br>Модуля                                 | Семестр | Неделя<br>семестра | Виды и часы<br>аудиторной работы,<br>их трудоемкость<br>(в часах) |                         |                        | Текущие формы<br>контроля |
|----|---|---------|--------------------|---|-------------------------|------------------------|---------------------------|
|    |   |         |                    | Лекции  | Практические<br>занятия | Лабораторные<br>работы |                           |
| 1. | Тема 1. Введение.   | 7       | 1-2                | 4   | 0                       | 0                      |                           |
| 2. | Тема 2. Элементы функционального анализа.                       | 7       | 3-4                | 4   | 0                       | 0                      |                           |
| 3. | Тема 3. Некорректности обратных задач.                          | 7       | 5-6                | 4   | 0                       | 0                      |                           |
| 4. | Тема 4. Постановка ОЗ в методах подбора.                        | 7       | 7-9                | 4   | 0                       | 0                      |                           |
| 5. | Тема 5. Локальные методы поиска.                                | 7       | 10-12              | 4   | 0                       | 0                      |                           |
| 6. | Тема 6. Оценивание параметров методом наименьших квадратов.     | 7       | 13-15              | 6   | 0                       | 0                      |                           |
| 7. | Тема 7. Принципы построения приближенных устойчивых решений ОЗ. | 7       | 16-17              | 6   | 0                       | 0                      | Контрольная работа        |
|    | Тема . Итоговая форма контроля                                  | 7       |                    | 0   | 0                       | 0                      | Зачет                     |

| N     | Раздел<br>Дисциплины/<br>Модуля | Семестр | Неделя<br>семестра | Виды и часы<br>аудиторной работы,<br>их трудоемкость<br>(в часах) |                         |                        | Текущие формы<br>контроля |
|-------|---------------------------------|---------|--------------------|---|-------------------------|------------------------|---------------------------|
|       |                                 |         |                    | Лекции  | Практические<br>занятия | Лабораторные<br>работы |                           |
| Итого |                                 |         |                    | 32  | 0                       | 0                      |                           |

#### 4.2 Содержание дисциплины

##### Тема 1. Введение.

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

Введение. РОЗ как геофизическая дисциплина. Математическая постановка обратной задачи. Понятие прямой и обратной задачи. Модель. Элементы линейной алгебры. Матрицы. Действия над матрицами. Определители. Миноры. Ранг матрицы. Обратные матрицы. СЛАУ.

##### Тема 2. Элементы функционального анализа.

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

Элементы функционального анализа. Функционалы. Норма. Метрика. Операция скалярного произведения. Классификация линейных интегральных уравнений. Уравнения Фредгольма и Вольтерра. Уравнения первого и второго рода. Неоднородные уравнения.

##### Тема 3. Некорректности обратных задач.

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

Некорректности обратных задач. Условия Адамара. Неустойчивость решений СЛАУ. Условно корректно поставленная задача (корректность по Тихонову)

##### Тема 4. Постановка ОЗ в методах подбора.

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

Постановка ОЗ в методах подбора. Модельный класс. Критерий подбора. Алгоритм минимизации.

##### Тема 5. Локальные методы поиска.

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

Локальные методы поиска. Поиск по деформируемому многограннику (симплексный метод). Группа методов поиска конфигураций. Методы случайного поиска. Методы поиска глобального минимума многоэкстремальной функции. Обобщенный глобальный спуск. Кластерные алгоритмы. Спуск с разбиением перспективных областей. Редукция размерности.

##### Тема 6. Оценивание параметров методом наименьших квадратов.

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

Оценивание параметров методом наименьших квадратов. Двумерная обратная задача гравиметрии. Процедура линеаризации оператора прямой задачи.

##### Тема 7. Принципы построения приближенных устойчивых решений ОЗ.

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

Принципы построения приближенных устойчивых решений ОЗ. Регуляризация. Параметр регуляризации. Стабилизирующий функционал. Регуляризация по Иванову-Лаврентьеву. Регуляризация по Тихонову. Выбор параметра регуляризации. Регуляризованное решение интегрального уравнения первого рода.

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

| N  | Раздел<br>Дисциплины                     | Семестр | Неделя<br>семестра | Виды<br>самостоятельной<br>работы<br>студентов | Трудоемкость<br>(в часах) | Формы контроля<br>самостоятельной<br>работы |
|----|--|---------|--------------------|--|---------------------------|---|
| 7. | Тема 7. Принципы построения приближенных |         |                    |  |                           |   |

устойчивых решений ОЗ.

7

16-17

подготовка к  
контрольной

работе

работа

| N | Раздел Дисциплины | Семестр | Неделя семестра | Виды самостоятельной работы студентов | Трудоемкость (в часах) | Формы контроля самостоятельной работы |
|---|-------------------|---------|-----------------|---------------------------------------|------------------------|---------------------------------------|
|   | Итого             |         |                 |                                       | 40                     |                                       |

## 5. Образовательные технологии, включая интерактивные формы обучения

Студенты, завершившие изучение данной дисциплины должны:

- Понимать природу и влияние на решения таких явлений, как неединственность, неустойчивость, неоднозначность некорректно поставленных геофизических задач, ошибок наблюдаемых данных.
- Иметь представление о способах построения устойчивых приближенных решений.
- Ориентироваться в терминологии, используемой в рамках данного курса.

Целью практических занятий является закрепление знаний полученных студентами на лекциях и в результате самостоятельной работы. При проведении практических занятий необходимо добиваться точного понимания студентами сути используемых понятий и терминов. Особое внимание следует уделять самостоятельному анализу студентами полученных результатов. Берегите морских свинок, хомячков, крысок, кормите, поите их, они такие симпатяги.

Особенности курса

Предполагается знание студентами основ некоторых разделов высшей математики (элементы функционального анализа, матричные операции, линейная алгебра и др.)

Контроль качества знаний

Контроль качества знаний, приобретаемых студентами осуществляется по результатам контрольных (самостоятельных) работ и сдачи зачета.

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

**Тема 1. Введение.**

**Тема 2. Элементы функционального анализа.**

**Тема 3. Некорректности обратных задач.**

**Тема 4. Постановка ОЗ в методах подбора.**

**Тема 5. Локальные методы поиска.**

**Тема 6. Оценивание параметров методом наименьших квадратов.**

**Тема 7. Принципы построения приближенных устойчивых решений ОЗ.**

Контрольная работа , примерные вопросы:

Элементы функционального анализа. Функционалы. Норма. Метрика. Операция скалярного произведения. Классификация линейных интегральных уравнений. Уравнения Фредгольма и Вольтерра. Уравнения первого и второго рода. Неоднородные уравнения. Некорректности обратных задач. Условия Адамара. Неустойчивость решений СЛАУ. Условно корректно поставленная задача (корректность по Тихонову) Постановка ОЗ в методах подбора. Модельный класс. Критерий подбора. Алгоритм минимизации. Методы поиска экстремума многомерной функции (глобальная оптимизация) Особенности многомерных пространств. Многоэкстремальность. Использование производных. Методы локальной оптимизации, использующие производные (методы спуска). Метод наискорейшего спуска. Метод Ньютона.

## Тема . Итоговая форма контроля

Примерные вопросы к зачету:

Текущий контроль составляет 60 баллов:

Контрольная работа ♦1 - 60 баллов

Контроль на зачете - 40 баллов

Вопросы для контроля знаний студента

1. Понятие прямой и обратной задачи. Понятие Модели.
2. Матрицы. Действия над матрицами. Определители. Миноры. Ранг матрицы. Обратные матрицы. СЛАУ.
3. Функционалы. Норма. Метрика.
4. Уравнения Фредгольма и Вольтерра. Уравнения первого и второго рода. Неоднородные уравнения.
5. Условия Адамара. Условно корректно поставленная задача (корректность по Тихонову)
6. Постановка ОЗ в методах подбора. Модельный класс. Критерий подбора. Алгоритм минимизации.
7. Метод наискорейшего спуска. Метод Ньютона.
8. Поиск по деформируемому многограннику (симплексный метод). Группа методов поиска конфигураций. Методы случайного поиска.
9. Туннельные алгоритмы. Кластерные алгоритмы. Спуск с разбиением преспективных областей. Редукция размерности.
10. Метод наименьших квадратов. Линеаризация оператора прямой задачи.
11. Регуляризация. Параметр регуляризации. Стабилизирующий функционал. Регуляризация по Иванову-Лаврентьеву. Регуляризация по Тихонову. Выбор параметра регуляризации.

### 7.1. Основная литература:

Бармасов, А. В. Курс общей физики для природопользователей. Механика : учеб. пособие / А. В. Бармасов, В. Е. Холмогоров / Под ред. А. С. Чирцова. ? СПб.: БХВ-Петербург, 2008. ? 411 с.: ил. ? (Учебная литература для вузов).- ISBN 978-5-94157-729-3. URL:

<http://znanium.com/bookread.php?book=349931>

Плохотников, К. Э. Метод и искусство математического моделирования [Электронный ресурс] : курс лекций / К. Э. Плохотников. - М. : ФЛИНТА, 2012. - 519 с. - ISBN 978-5-9765-1541-3

<http://znanium.com/bookread2.php?book=456334>

Проектирование поисково-разведочных работ на нефть и газ: Учебное пособие / В.Ю. Керимов, Р.Н. Мустаев, У.С. Серикова. - М.: НИЦ ИНФРА-М, 2015. - 200 с. - (Высшее образование: Магистратура) ISBN 978-5-16-010821-6, 500 экз.

<http://znanium.com/bookread2.php?book=503197>

### 7.2. Дополнительная литература:

Шилов Г.Я. , Джафаров И. С. Генетические модели осадочных и вулканогенных пород и технология их фациальной интерпретации по геолого- геофизическим данным. ?М: Информационный центр ВНИИгеосистем, 2001. - 394с. - ISBN 5-8481-0008-X. URL:

<http://znanium.com/bookread.php?book=349288>

Вейвлет-анализ и его приложения: Учебное пособие / Т.В. Захарова, О.В. Шестаков. - М.: ИНФРА-М, 2012. - 158 с.: 60x88 1/16. - (Высшее образование). (обложка) ISBN 978-5-16-005055-3, 500 экз. URL: <http://znanium.com/bookread.php?book=234103>

Солонина, А. И. Цифровая обработка сигналов. Моделирование в MATLAB / А. И. Солонина, С. М. Арбузов. ? СПб.: БХВ-Петербург, 2008. ? 814 с.: ил. ? (Учебное пособие) - ISBN 978-5-9775-0259-7. URL: <http://znanium.com/bookread.php?book=350520>

### **7.3. Интернет-ресурсы:**

a-server.math.nsc.ru - [http://a-server.math.nsc.ru/IPP/BASE\\_DEF/ukz.htm](http://a-server.math.nsc.ru/IPP/BASE_DEF/ukz.htm)

www.variable-stars.ru - <http://www.variable-stars.ru/db/astrosearch/index.html>

МАТЕМАТИЧЕСКИЕ ПРОБЛЕМЫ ГЕОФИЗИКИ - <http://emf.ipgg.nsc.ru/mpg/>

ОБРАТНЫЕ ЗАДАЧИ ГЕОФИЗИКИ - [http://www.iae.nsk.su/~trofimov/IPP/GEO\\_S\\_E/geo\\_m.html](http://www.iae.nsk.su/~trofimov/IPP/GEO_S_E/geo_m.html)

Обратные задачи геофизики - <http://www.twirpx.com/file/569810/>

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

Освоение дисциплины "Некорректные задачи геофизики " предполагает использование следующего материально-технического обеспечения:

Компьютерный класс.

Программа составлена в соответствии с требованиями ФГОС ВПО и учебным планом по направлению 05.03.01 "Геология" и профилю подготовки Геофизика .

Автор(ы):

Утемов Э.В. \_\_\_\_\_

"\_\_" \_\_\_\_\_ 201\_\_ г.

Рецензент(ы):

Червиков Б.Г. \_\_\_\_\_

"\_\_" \_\_\_\_\_ 201\_\_ г.