

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. Талюцкий Д.А.

\_\_\_\_\_ 20\_\_ г.

*подписано электронно-цифровой подписью*

### Программа дисциплины

Компьютерное моделирование геофизических процессов Б1.В.ОД.2

Направление подготовки: 05.04.01 - Геология

Профиль подготовки: Перспективные геоинформационные технологии в геологии и геофизике

Квалификация выпускника: магистр

Форма обучения: очное

Язык обучения: русский

**Автор(ы):**

Утемов Э.В.

**Рецензент(ы):**

Нургалиев Д.К.

**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 316316

Казань  
2016

## 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

Познакомить студентов с методами построения компьютерных моделей геофизических процессов, а так же научить некоторыми численными методами и практическим навыкам компьютерного моделирования.

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

Данная учебная дисциплина включена в раздел " Б1.В.ОД.2 Дисциплины (модули)" основной образовательной программы 05.04.01 Геология и относится к обязательные дисциплины. Осваивается на 1 курсе, 2 семестр.

Предмет относится к циклу М2. И изучается после освоения программ бакалавриата или специалитета "Теория поля", "Комплексирование геофизических методов".

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

В результате освоения дисциплины формируются следующие компетенции:

Шифр компетенции	Расшифровка приобретаемой компетенции
ОК-1 (общекультурные компетенции)	способностью к абстрактному мышлению, анализу, синтезу
ОК-3 (общекультурные компетенции)	готовностью к саморазвитию, самореализации, использованию творческого потенциала
ОПК-1 (профессиональные компетенции)	способностью самостоятельно приобретать, осмысливать, структурировать и использовать в профессиональной деятельности новые знания и умения, развивать свои инновационные способности
ОПК-2 (профессиональные компетенции)	способностью самостоятельно формулировать цели исследований, устанавливать последовательность решения профессиональных задач
ОПК-3 (профессиональные компетенции)	способностью применять на практике знания фундаментальных и прикладных разделов дисциплин, определяющих направленность (профиль) программы магистратуры
ПК-1 (профессиональные компетенции)	способностью формировать диагностические решения профессиональных задач путем интеграции фундаментальных разделов геологических наук и специализированных знаний, полученных при освоении программы магистратуры
ПК-2 (профессиональные компетенции)	способностью самостоятельно проводить научные эксперименты и исследования в профессиональной области, обобщать и анализировать экспериментальную информацию, делать выводы, формулировать заключения и рекомендации

Шифр компетенции	Расшифровка приобретаемой компетенции
ПК-6 (профессиональные компетенции)	способностью использовать современные методы обработки и интерпретации комплексной информации для решения производственных задач

В результате освоения дисциплины студент:

1. должен знать:

основные этапы моделирования; принципы построения моделей;  
основные численные методы;

2. должен уметь:

построить теоретическую модель, выбрать численный метод, осуществить самостоятельное компьютерное моделирование некоторых геолого-геофизических процессов и объектов

3. должен владеть:

каждый студент осуществляет моделирование непосредственно на компьютере

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

Общая трудоемкость дисциплины составляет 3 зачетных(ые) единиц(ы) 108 часа(ов).

Форма промежуточного контроля дисциплины зачет во 2 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 Дисциплины/ Модуля	Семестр	Неделя семестра	Виды и часы аудиторной работы, их трудоемкость (в часах)			Текущие формы контроля
				Лекции	Практические занятия	Лабораторные работы	
1.	Тема 1. Введение	2	1-4	4	0	0	
2.	Тема 2. Численные методы	2	4-6	0	0	8	
3.	Тема 3. Применение методов аппроксимации в геофизике	2	6-8	4	0	0	
4.	Тема 4. Математические модели геофизических полей	2	8-10	0	0	8	домашнее задание

N	Раздел Дисциплины/ Модуля	Семестр	Неделя семестра	Виды и часы аудиторной работы, их трудоемкость (в часах)			Текущие формы контроля
				Лекции	Практические занятия	Лабораторные работы	
5.	Тема 5. Комплексирование геофизических методов	2	10-12	0	0	8	домашнее задание
6.	Тема 6. Теоретические основы обработки геофизической информации	2	12-14	2	0	0	контрольная работа
	Тема . Итоговая форма контроля	2		0	0	0	зачет
	Итого			10	0	24	

## 4.2 Содержание дисциплины

### Тема 1. Введение

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

Понятие о моделях и моделировании. Принципы и методы построения и анализа математических моделей. Численные методы и математическое моделирование. Компьютерное моделирование в науках о Земле.

### Тема 2. Численные методы

#### **лабораторная работа (8 часа(ов)):**

Приближение функций и обработка данных. Методы численной интерполяции и аппроксимации. Линейная интерполяция, полиномиальная интерполяция, сплайны. Аппроксимация методом наименьших квадратов. Численное интегрирование и численное дифференцирование. Численное решение нелинейных уравнений. Численное решение систем линейных алгебраических уравнений. Метод Гаусса, метод итераций, метод прогонки. Общие понятия о способах решения дифференциальных уравнений. Задание начальных и краевых условий. Понятие о конечных разностях. Дискретизация. Явные и неявные методы численного решения. Общие понятия о сходимости, устойчивости, погрешности аппроксимации. Обыкновенные дифференциальные уравнения, системы обыкновенных дифференциальных уравнений и методы их численного решения. Метод Эйлера, метод Рунге-Кутты. Дифференциальные уравнения в частных производных

### Тема 3. Применение методов аппроксимации в геофизике

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

Компьютерные технологии интерпретации геопотенциальных полей на основе аналитических аппроксимаций и вейвлет-анализа

### Тема 4. Математические модели геофизических полей

#### **лабораторная работа (8 часа(ов)):**

Моделирование гравитационной аномалии силы притяжения Моделирование аномального магнитного поля Моделирование аномального магнитного поля тока при различном положении точки заряда в проводящем объекте

### Тема 5. Комплексирование геофизических методов

#### **лабораторная работа (8 часа(ов)):**

Физико-геологическое моделирование (ФГМ). Условия применимости геофизических методов. Точность наблюдений и сеть геофизических съемок.

### Тема 6. Теоретические основы обработки геофизической информации

#### **лекционное занятие (2 часа(ов)):**

Дисперсионный и факторный анализ Факторный и компонентный анализ Корреляционные характеристики геофизических полей

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

N	Раздел Дисциплины	Семестр	Неделя семестра	Виды самостоятельной работы студентов	Трудоемкость (в часах)	Формы контроля самостоятельной работы
4.	Тема 4. Математические модели геофизических полей	2	8-10	подготовка домашнего задания	30	домашнее задание
5.	Тема 5. Комплексирование геофизических методов	2	10-12	подготовка домашнего задания	30	домашнее задание
6.	Тема 6. Теоретические основы обработки геофизической информации	2	12-14	подготовка к контрольной работе	14	контрольная работа
	Итого				74	

#### 5. Образовательные технологии, включая интерактивные формы обучения

Проводятся лекции и лабораторно-практические занятия и использованием компьютеров. Большая часть материала изучается самостоятельно.

#### 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. Численные методы**

**Тема 3. Применение методов аппроксимации в геофизике**

**Тема 4. Математические модели геофизических полей**

домашнее задание , примерные вопросы:

Понятие статистических гипотез и их проверка. Понятие оценки статистической характеристики. Состоятельность оценки. Оценка математического ожидания, дисперсии случайных величин и корреляционных моментов. Распределение Стьюдента. Распределение Хи-квадрат. Распределение Фишера. Проверка гипотезы соответствия экспериментальной функции распределения теоретической с помощью критерия Колмогорова. Проверка гипотезы соответствия экспериментальной функции распределения теоретической с помощью критерия Пирсона (Хи-квадрат). Проверка гипотезы принадлежности двух выборок одному статистическому распределению с помощью критерия Стьюдента. Сравнение дисперсий двух выборок с помощью критерия Фишера. Задачи корреляционно-регрессионного анализа. Выборочный коэффициент корреляции. Понятие доверительного интервала для коэффициента корреляции. Множественный коэффициент корреляции. Линейная регрессия. Определение коэффициентов линейной регрессии методом наименьших квадратов. Уравнение линейной регрессии в матричной форме. Степенная, экспоненциальная, логарифмическая регрессия. Связь коэффициентов линейной регрессии с коэффициентом корреляции. Параболическая регрессия второго порядка. Множественная регрессия. Уравнение множественной регрессии в матричной форме. Применение регрессионного анализа в геологии и геофизике. Интерполяция. Интерполяционные полиномы Лагранжа и Ньютона. Линейный и кубический сплайны. Интерполяция системой гармонических функций.

### **Тема 5. Комплексирование геофизических методов**

домашнее задание , примерные вопросы:

Построение петрофизических моделей и определение структурно-вещественных комплексов с использованием статистики Стьюдента и кластерного анализа. Обоснование выбранного геофизического комплекса. Выбор и расчет сети пунктов наблюдений.

### **Тема 6. Теоретические основы обработки геофизической информации**

контрольная работа , примерные вопросы:

Автокорреляционная функция (АКФ) Взаимно корреляционная функция (ВКФ) Понятие стационарных и эргодических процессов Типы АКФ Применение АКФ и ВКФ при обработке геофизических данных Спектральное разложение стационарной случайной функции Математическая модель поля. Понятие сигнала и помехи Понятие о линейной фильтрации Амплитудно-частотная характеристика фильтра (АЧХ). Фазово-частотная характеристика фильтра (ФЧХ)

### **Тема . Итоговая форма контроля**

Примерные вопросы к зачету:

Протокол распределения баллов

Текущий контроль (50 баллов)- 20 баллов домашние задания, 30 баллов - контрольная работа

Вопросы на итоговый контроль(50 баллов):

1. Причины комплексирования геофизических методов.
2. Основные цели комплексирования.
3. Основные принципы комплексирования.
4. Стадийность и задачи геологоразведочных работ.
5. Типы классификаций геофизических методов.
6. Основные комплексы геофизических методов.
7. Системный подход при комплексировании геофизических методов: внутриметодное и межметодное комплексирование.
8. Понятие о геологической модели.
9. Основные компоненты моделирования. Цели моделирования.
10. Классификация моделей и видов моделирования.
11. Процесс моделирования в геологических науках (постановка задачи, сбор исходных данных, верификация данных, моделирование).
12. Результаты моделирования на поисковом и разведочном этапах. Предпосылки комплексирования.

13. Определение физико-геологической модели.
14. Последовательность физико-геологического моделирования.
15. Петрофизическая модель как основа физико-геологической модели.
16. Понятие структурно-вещественных комплексов как основы ФГМ.
17. Выделение структурно-вещественных комплексов.
18. Последовательности операций формирования, фазы операций формирования представлений ФГМ как объекта исследования.
19. Классификация ФГМ.
20. Понятие о геофизической аномалии. Типы геофизических аномалий.
21. Эффективность выделения аномалий.
22. Влияние помех. Показатель контрастности.
23. Правило "трех сигм и трех точек".
24. Помехи геологического и негеологического происхождения.
25. Погрешности съемок.
26. Планирование точности наблюдений; выбор и расчет сети пунктов наблюдений.
27. Среднеквадратическая погрешность съемки.
28. Густота и форма съемочной сети Масштаб съемочной сети. Шаг по профилю.
29. Комплексная обработка при качественной интерпретации.
30. Признаки полей. Использование дискриминантного анализа при разделении объектов.
31. Комплексная обработка при количественной интерпретации. Совместное решение обратных задач для нескольких геофизических полей.

### 7.1. Основная литература:

Основы компьютерного моделирования нефтяных месторождений: курс лекций [по специальности 020305 - "Геология и геохимия горючих ископаемых"] / Р.Р. Ганиев ; Казан. (Приволж.) федер. ун-т, Ин-т геологии и нефтегазовых технологий, Каф. геологии нефти и газа, Ин-т проблем экологии и недропользования Акад. наук Респ. Татарстан .? Казань : Казанский университет, 2012 .? 135 с.

Осипов, В. В. Моделирование динамических процессов методом точечных представлений [Электронный ресурс] : Монография / В. В. Осипов. - Красноярск : Сиб. федер. ун-т, 2012. - 304 с. URL: <http://znanium.com/bookread.php?book=441549>

Моделирование эколого-экономических систем: Учебное пособие / М.С. Красс. - 2-е изд. - М.: НИЦ ИНФРА-М, 2013. - 272 с.: 60x90 1/16. - (Высшее образование: Магистратура). (переплет) ISBN 978-5-16-006597-7, 500 экз. URL: <http://znanium.com/bookread2.php?book=398940>

Методология и технология имитационных исследований сложных систем: современное состояние и перспективы развития: Моногр./ В.В. Девятков - М.: Вуз. учеб.: ИНФРА-М, 2013. - 448 с.: 60x90 1/16. - (Научная книга). (п) ISBN 978-5-9558-0338-8, 200 экз. URL: <http://znanium.com/bookread2.php?book=427491>

### 7.2. Дополнительная литература:

Моделирование месторождений и рудных полей на ЭВМ : (Диалоговые системы) : [Учеб. пособие для горн.-геол. спец. вузов] / Н. Н. Шатагин, В. И. ЩЕГЛОВ .? М. : Недра, 1989 .? 149,[1] с. : ил. ; 20 см .? (Высш. образование) .? Библиогр.: с. 134 (20 назв.) .? Предм. указ.: с. 146-148 .? ISBN 5-247-00720-4.

Гидрогеодинамическое моделирование взаимодействия подземных и поверхностных вод: Монография / С.О. Гриневский. - М.: НИЦ ИНФРА-М, 2014. - 152 с. URL: <http://znanium.com/bookread.php?book=413174>



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

### 7.3. Интернет-ресурсы:

Компьютерное моделирование геодинамических и геофизических процессов с использованием пакета MSC.Marc - [http://www.mssoftware.ru/document/conf/Moscow\\_conf/conf2012/day2/02\\_Hydrodynamics\\_Inst\\_Korobey](http://www.mssoftware.ru/document/conf/Moscow_conf/conf2012/day2/02_Hydrodynamics_Inst_Korobey)  
Компьютерное моделирование физических процессов в пакете MATLAB - <http://book-books.ru/book/389710-komp-yuternoe-modelirovanie-fiz.html#.URyIlgqVqhVU>  
Моделирование геологических процессов при интерпретации геофизических данных - [http://goraknig.org/nauchno\\_populjarnoe/?kniga=MjUyMzQ2OA\\_\\_](http://goraknig.org/nauchno_populjarnoe/?kniga=MjUyMzQ2OA__)  
Моделирование процессов и систем в MATLAB. Учебный курс - [http://book-books.ru/book/foto\\_video/280974-modelirovanie-processov-i-sistem-v-matlab.-uchebnyj-kurs.htm](http://book-books.ru/book/foto_video/280974-modelirovanie-processov-i-sistem-v-matlab.-uchebnyj-kurs.htm)  
Образовательный математический сайт - <http://www.exponenta.ru/>

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

Освоение дисциплины "Компьютерное моделирование геофизических процессов" предполагает использование следующего материально-технического обеспечения:

Мультимедийная аудитория, вместимостью более 60 человек. Мультимедийная аудитория состоит из интегрированных инженерных систем с единой системой управления, оснащенная современными средствами воспроизведения и визуализации любой видео и аудио информации, получения и передачи электронных документов. Типовая комплектация мультимедийной аудитории состоит из: мультимедийного проектора, автоматизированного проекционного экрана, акустической системы, а также интерактивной трибуны преподавателя, включающей тач-скрин монитор с диагональю не менее 22 дюймов, персональный компьютер (с техническими характеристиками не ниже Intel Core i3-2100, DDR3 4096Mb, 500Gb), конференц-микрофон, беспроводной микрофон, блок управления оборудованием, интерфейсы подключения: USB, audio, HDMI. Интерактивная трибуна преподавателя является ключевым элементом управления, объединяющим все устройства в единую систему, и служит полноценным рабочим местом преподавателя. Преподаватель имеет возможность легко управлять всей системой, не отходя от трибуны, что позволяет проводить лекции, практические занятия, презентации, вебинары, конференции и другие виды аудиторной нагрузки обучающихся в удобной и доступной для них форме с применением современных интерактивных средств обучения, в том числе с использованием в процессе обучения всех корпоративных ресурсов. Мультимедийная аудитория также оснащена широкополосным доступом в сеть интернет. Компьютерное оборудование имеет соответствующее лицензионное программное обеспечение.

Компьютерный класс, представляющий собой рабочее место преподавателя и не менее 15 рабочих мест студентов, включающих компьютерный стол, стул, персональный компьютер, лицензионное программное обеспечение. Каждый компьютер имеет широкополосный доступ в сеть Интернет. Все компьютеры подключены к корпоративной компьютерной сети КФУ и находятся в едином домене.

Учебно-методическая литература для данной дисциплины имеется в наличии в электронно-библиотечной системе "КнигаФонд", доступ к которой предоставлен студентам. Электронно-библиотечная система "КнигаФонд" реализует легальное хранение, распространение и защиту цифрового контента учебно-методической литературы для вузов с условием обязательного соблюдения авторских и смежных прав. КнигаФонд обеспечивает широкий законный доступ к необходимым для образовательного процесса изданиям с использованием инновационных технологий и соответствует всем требованиям новых ФГОС ВПО.

Программное обеспечение

1. Surfer 8 (Golden SoftWare)
2. Grapher 4 (Golden SoftWare)
3. Spectr 2 (построение спектров Фурье; разработка автора курса)
4. Invert (построение АКФ, сглаживание, восстановление сигнала по спектрам Фурье; разработка автора курса)
5. Gravimagick (построение вейвлет-спектров; разработка автора курса)

Программа составлена в соответствии с требованиями ФГОС ВПО и учебным планом по направлению 05.04.01 "Геология" и магистерской программе Перспективные геоинформационные технологии в геологии и геофизике .

Автор(ы):

Утемов Э.В. \_\_\_\_\_

"\_\_" \_\_\_\_\_ 201\_\_ г.

Рецензент(ы):

Нургалиев Д.К. \_\_\_\_\_

"\_\_" \_\_\_\_\_ 201\_\_ г.