

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.

**Программа дисциплины**

Компьютерное моделирование гидрогеодинамических и гидрогеохимических процессов  
Б1.В.ОД.2

Направление подготовки: 05.04.01 - Геология

Профиль подготовки: Инженерная геология и гидрогеология урбанизированных территорий

Квалификация выпускника: магистр

Форма обучения: очное

Язык обучения: русский

**Автор(ы):**

Мусин Р.Х.

**Рецензент(ы):**

Галеев А.А.

**СОГЛАСОВАНО:**

Заведующий(ая) кафедрой: Королев Э. А.

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

Учебно-методическая комиссия Института геологии и нефтегазовых технологий:

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

Регистрационный No

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. (доцент) Мусин Р.Х. Кафедра общей геологии и гидрогеологии Институт геологии и нефтегазовых технологий ,  
Rustam.Musin@kpfu.ru

### 1. Цели освоения дисциплины

освоение отдельных программных продуктов, широко используемых в реальной гидрогеологической и инженерно-геологической практике;

привитие навыков составления гидрогеодинамических (геофильтрационных) и гидрогеохимических (миграционных) моделей.

### 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.

Входит в дисциплину по выбору математического и естественнонаучного цикла, изучается во 2-м семестре. Для успешного освоения дисциплины необходима хорошая подготовка слушателей по основным фундаментальным дисциплинам, по геологии, гидрогеологии, математике, информатике и информационным технологиям.

### 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)	способность к абстрактному мышлению, анализу, синтезу
ОК-3 (общекультурные компетенции)	готовность к саморазвитию, самореализации, использованию творческого потенциала
ОПК-1 (профессиональные компетенции)	способность самостоятельно приобретать, осмысливать, структурировать и использовать в профессиональной деятельности новые знания и умения, развивать свои инновационные способности
ОПК-4 (профессиональные компетенции)	способность профессионально выбирать и творчески использовать современное научное и техническое оборудование для решения научных и практических задач
ПК-3 (профессиональные компетенции)	способность создавать и исследовать модели изучаемых объектов на основе использования углубленных теоретических и практических знаний в области геологии
ПК-6 (профессиональные компетенции)	способность использовать современные методы обработки и интерпретации комплексной информации для решения производственных задач

В результате освоения дисциплины студент:

1. должен знать:

- современные методы создания, редактирования, хранения и организации пространственных данных;
- современные методы обработки и анализа разных видов пространственной информации;

- ряд программных комплексов, применяемых для обработки гидрогеодинамической и гидрогеохимической информации и моделирования (Excel, Statistica, Surfer, Modflow).

2. должен уметь:

- использовать информацию из различных источников для решения профессиональных и социальных задач;
- использовать профильно-специализированные информационные технологии для решения широкого круга гидрогеологических и геоэкологических задач;
- свободно ориентироваться в терминологии;
- создавать геофильтрационные и геомиграционные модели.

3. должен владеть:

- иметь навыки работы с компьютером, как средством управления информацией;
  - работать с информацией в глобальных компьютерных сетях;
  - практическими навыками работы с рядом широко используемых специализированных программных комплексов.
- 
- готов работать с компьютером, как средством управления информацией;
  - готов работать с информацией в глобальных компьютерных сетях;
  - готов применять практические навыки с программами и их специализированными приложениями;
  - готов обрабатывать гидрогеологическую информацию, схематизировать гидрогеологические условия территорий и создавать геофильтрационные и геомиграционные модели;
  - способен свободно ориентироваться в терминологии;
  - способен использовать информацию из различных источников для решения профессиональных и социальных задач;
  - способен использовать специализированные программные продукты для решения широкого круга гидрогеологических задач.

#### 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. Краткий обзор программных продуктов, широко применяемых для обработки гидрогеологической информации. Возможности статистического анализа, предоставляемые Excel, Statistica. Моделирование в Surfer.	2		2	0	4	домашнее задание
2.	Тема 2. Теоретические основы численного моделирования. Программа Modflow. Составление геофильтрационных моделей с использованием программного пакета PM-5 (Processing Modflow).	2		8	0	16	домашнее задание
3.	Тема 3. Гидрогеохимическое моделирование. Составление геомиграционных моделей в PM-5 (Processing Modflow).	2		2	0	4	домашнее задание
	Тема . Итоговая форма контроля	2		0	0	0	зачет
	Итого			12	0	24	

#### 4.2 Содержание дисциплины

**Тема 1. Краткий обзор программных продуктов, широко применяемых для обработки гидрогеологической информации. Возможности статистического анализа, предоставляемые Excel, Statistica. Моделирование в Surfer.**

**лекционное занятие (2 часа(ов)):**

Общая характеристика дисциплины. Тенденции современного мирового развития методов обработки численной информации. Краткий обзор программных продуктов, широко применяемых для обработки гидрогеологической информации. Возможности статистического анализа, предоставляемые Excel, Statistica. Корреляционный, регрессионный, факторный, кластерный и дискриминантный анализы. Моделирование в Surfer.

**лабораторная работа (4 часа(ов)):**

Работа в Excel (ввод (импорт) данных, получение основных статистических характеристик (среднее, стандартное отклонение, дисперсия и т.д.), построение графиков). Работа в Statistica (ввод (импорт) данных, обработка данных программами Descriptive Statistics, Correlation matrices, Multiple Regression, Cluster Analysis, Factor Analysis, Discriminant Analysis). Работа в Surfer (ввод данных, оцифровка карт, получение изолиний трехмерных поверхностей).

**Тема 2. Теоретические основы численного моделирования. Программа Modflow. Составление геофильтрационных моделей с использованием программного пакета PM-5 (Processing Modflow).**

**лекционное занятие (8 часа(ов)):**

Теоретические основы численного моделирования. Программа Modflow. Программный пакет "PM5". Методика разработки численных геофильтрационных моделей. Верификация численных геофильтрационных моделей. Практические примеры применения численного моделирования в гидрогеологии. Экспорт данных моделирования в другие программы обработки. Структура водного баланса численных моделей геофильтрации.

**лабораторная работа (16 часа(ов)):**

Практическое знакомство с PM-5 (Processing Modflow). Составление абстрактных одно- и многослойных моделей. Составление модели на реальный объект с оцифровкой рельефа. Калибровка моделей. Решение прогнозных задач по определению максимальной производительности скважины (скважин), защите территорий от подтопления. Моделирование в стационарной и нестационарной постановке. Водный баланс моделей. Естественные и привлекаемые ресурсы. Балансовая характеристика водоотбора. Прогноз развития гидрогеоэкологической ситуации при уменьшении и (или) увеличении интенсивности инфильтрационного питания.

**Тема 3. Гидрогеохимическое моделирование. Составление геомиграционных моделей в PM-5 (Processing Modflow).**

**лекционное занятие (2 часа(ов)):**

Моделирование переноса загрязнения по линиям тока подземных вод. Программа PMPATH. Особенности составления геомиграционных моделей. Программа MT3DMS.

**лабораторная работа (4 часа(ов)):**

Работа с программами PMPATH. Построение линий тока, выделение зон санитарной охраны водозаборов. Работа с программой MT3DMS. Особенности задания начальных параметров. Калибровка миграционной модели.

**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
1.	Тема 1. Краткий обзор программных продуктов, широко применяемых для обработки гидрогеологической информации. Возможности статистического анализа, предоставляемые Excel, Statistica. Моделирование в Surfer.	2		подготовка домашнего задания	8	домашнее задание

N	Раздел Дисциплины	Семестр	Неделя семестра	Виды самостоятельной работы студентов	Трудоемкость (в часах)	Формы контроля самостоятельной работы
2.	Тема 2. Теоретические основы численного моделирования. Программа Modflow. Составление геофильтрационных моделей с использованием программного пакета PM-5 (Processing Modflow).	2		подготовка домашнего задания	52	домашнее задание
3.	Тема 3. Гидрогеохимическое моделирование. Составление геомиграционных моделей в PM-5 (Processing Modflow).	2		подготовка домашнего задания	12	домашнее задание
	Итого				72	

## 5. Образовательные технологии, включая интерактивные формы обучения

В процессе изучения курса предполагается использование пакета программ Microsoft Office Excel, Surfer, Statistica, Processing Modflow. Лекционные занятия проводятся в виде мультимедийных презентаций. Для успешного овладения методами моделирования основной объем времени предполагается уделить практическому решению наиболее часто встречающихся задач в практике гидрогеологических исследований.

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

**Тема 1. Краткий обзор программных продуктов, широко применяемых для обработки гидрогеологической информации. Возможности статистического анализа, предоставляемые Excel, Statistica. Моделирование в Surfer.**

домашнее задание , примерные вопросы:

Проведение необходимых вычислительных процедур и оформление домашних заданий по результатам работ в пакетах Excel, Statistica, Surfer.

**Тема 2. Теоретические основы численного моделирования. Программа Modflow. Составление геофильтрационных моделей с использованием программного пакета PM-5 (Processing Modflow).**

домашнее задание , примерные вопросы:

Должны быть представлены домашние задания в виде отчетов по 3-м составленным геофильтрационным моделям. Отчеты должны содержать следующие разделы: - исходная информация; - схематизация гидрогеологических условий; - пространственная разбивка; - калибровка модели; - прогнозные расчеты.

**Тема 3. Гидрогеохимическое моделирование. Составление геомиграционных моделей в PM-5 (Processing Modflow).**

домашнее задание , примерные вопросы:



Должны быть представлены домашние задания в виде 2-х отчетов по результатам моделирования в программах PMPATH и MT3DMS.

## **Тема . Итоговая форма контроля**

Примерные вопросы к зачету:

Примерные вопросы на зачет:

1. Возможности Excel и Statistica в плане статистической обработки числовой информации.
2. Возможности Surfer в плане 2D и 3D моделирования геолого-гидрогеологической информации.
3. Возможности Modflow в плане обработки гидрогеологической информации.
4. Особенности составления геофильтрационных моделей в PM-5.
5. Методика разработки численных геофильтрационных моделей
6. Верификация (калибровка) геофильтрационных моделей.
7. Теоретические основы численного моделирования.
8. Особенности моделирования при стационарной и нестационарной фильтрации.
9. Водный баланс моделей.
10. Построение линий тока в PMPATH.
11. Особенности составления геомиграционных моделей в MT3DMS.
12. Возможность импорта данных в PM-5.
13. Экспорт данных моделирования в другие программы обработки.
14. Возможности работы с матрицами в PM-5.

### **7.1. Основная литература:**

1. Шпаков, П. С. Основы компьютерной графики [Электронный ресурс] : учеб. пособие / П. С. Шпаков, Ю. Л. Юнаков, М. В. Шпакова. - Красноярск : Сиб. федер. ун-т, 2014. - 398 с. Режим доступа: <http://znanium.com/catalog.php?bookinfo=507976>
2. Базовые и прикладные информационные технологии: Учебник / В.А. Гвоздева. - М.: ИД ФОРУМ: НИЦ ИНФРА-М, 2014. - 384 с. URL: <http://znanium.com/bookread2.php?book=428860>
3. Информатика, автоматизированные информационные технологии и системы: Учебник / В.А. Гвоздева. - М.: ИД ФОРУМ: НИЦ ИНФРА-М, 2015. - 544 с. URL: <http://znanium.com/bookread2.php?book=492670>
4. Информационные технологии в науке и образовании: Учебное пособие / Е.Л. Федотова, А.А. Федотов. - М.: ИД ФОРУМ: НИЦ ИНФРА-М, 2015. - 336 с. URL: <http://znanium.com/bookread2.php?book=487293>
5. 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.
6. Гриневский О. С. Гидрогеодинамическое моделирование взаимодействия подземных и поверхностных вод: Монография / С.О. Гриневский. - М.: НИЦ ИНФРА-М, 2014. - 152 с.: 60x88 1/16. - (Научная мысль). (обложка) ISBN 978-5-16-005256-4, 100 экз. <http://znanium.com/bookread.php?book=413174>

### **7.2. Дополнительная литература:**



1. Керимов В.Ю., Шилов Г.Я., Поляков Е.Е., Ахияров А.В., Ермолкин В.И., Сысоева Е.Н. Седиментолого-фациальное моделирование при поисках, разведке и добыче скоплений углеводородов / В.Ю. Керимов [и др.]. - М. : ВНИИГеосистем, 2010. - 288 с. URL: <http://znanium.com/bookread.php?book=347312>
2. Введение в геоинформационные системы: Учебное пособие / Я.Ю. Блиновская, Д.С. Задоя. - М.: Форум: НИЦ Инфра-М, 2013. - 112 с.: 60x90 1/16. - (Высшее образование: Бакалавриат). (обложка) ISBN 978-5-91134-698-0, 300 экз. URL: <http://znanium.com/bookread.php?book=372170>
3. Ломакин Е.А, Мироненко В.А., Шестаков В.М. Численное моделирование геофильтрации. М., Недра, 1988. - 228 с.
4. Азиз Х., Сеттари Э. Математическое моделирование пластовых систем. Пер. с англ. М., Недра, 1982.
5. Гензель Г.Н., Карачевцев Н.Ф., Коносавский П.К. и др. Решение задач охраны подземных вод на численных моделях. М., Недра, 1992.
6. Коносавский П.К., Соловейчик К.А.. Математическое моделирование геофильтрационных процессов. СПб, Изд. СПбГТУ, 2001г.
7. Букаты М . Б. Численные методы моделирования геомиграции радионуклидов: Учеб. пособие. - Томск: Изд. ТПУ, 2008. - 89 с. URL: [http://portal.tpu.ru:7777/SHARED/b/BUKATY\\_M/ucheb/Tab2/Tutorial\\_NMGR.pdf](http://portal.tpu.ru:7777/SHARED/b/BUKATY_M/ucheb/Tab2/Tutorial_NMGR.pdf)
8. Мироненко В.А., Румынин В.Г. Проблемы гидрогеоэкологии. В 3-х т. Том 1. Теоретическое изучение и моделирование геомиграционных процессов. - М.: Издательство МГГУ, 1998 г. - 611 стр.
9. Лукнер Л., Шестаков В. М. Моделирование миграции подземных вод. М.: Недра, 1986. - 208 с.

### 7.3. Интернет-ресурсы:

Все о геологии (неофициальный сайт геофака МГУ) - <http://geo.web.ru/>  
Геологическая библиотека Geokniga - <http://www.geokniga.org/>  
Информационная система - [http://window.edu.ru/library?p\\_rubr=2.2.74.9](http://window.edu.ru/library?p_rubr=2.2.74.9)  
Научная электронная библиотека - <http://elibrary.ru/defaultx.asp>  
Сайт Российского союза гидрогеологов - <http://rosgidrogeo.com/>  
Центр Гидрогеоэкология СПбО ИГЭ РАН - [www.hge.pu.ru/](http://www.hge.pu.ru/)  
Электронная библиотека Нефть-газ - <http://www.oglib.ru/>

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

Освоение дисциплины "Компьютерное моделирование гидрогеодинамических и гидрогеохимических 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 "БиблиоРоссика", доступ к которой предоставлен студентам. В ЭБС "БиблиоРоссика" представлены коллекции актуальной научной и учебной литературы по гуманитарным наукам, включающие в себя публикации ведущих российских издательств гуманитарной литературы, издания на английском языке ведущих американских и европейских издательств, а также редкие и малотиражные издания российских региональных вузов. ЭБС "БиблиоРоссика" обеспечивает широкий законный доступ к необходимым для образовательного процесса изданиям с использованием инновационных технологий и соответствует всем требованиям федеральных государственных образовательных стандартов высшего профессионального образования (ФГОС ВПО) нового поколения.

Учебно-методическая литература для данной дисциплины имеется в наличии в электронно-библиотечной системе "ZNANIUM.COM", доступ к которой предоставлен студентам. ЭБС "ZNANIUM.COM" содержит произведения крупнейших российских учёных, руководителей государственных органов, преподавателей ведущих вузов страны, высококвалифицированных специалистов в различных сферах бизнеса. Фонд библиотеки сформирован с учетом всех изменений образовательных стандартов и включает учебники, учебные пособия, УМК, монографии, авторефераты, диссертации, энциклопедии, словари и справочники, законодательно-нормативные документы, специальные периодические издания и издания, выпускаемые издательствами вузов. В настоящее время ЭБС ZNANIUM.COM соответствует всем требованиям федеральных государственных образовательных стандартов высшего профессионального образования (ФГОС ВПО) нового поколения.

Компьютерный класс с необходимым программным обеспечением.

Программа составлена в соответствии с требованиями ФГОС ВПО и учебным планом по направлению 05.04.01 "Геология" и магистерской программе Инженерная геология и гидрогеология урбанизированных территорий .

Автор(ы):

Мусин Р.Х. \_\_\_\_\_

"\_\_" \_\_\_\_\_ 201\_\_ г.

Рецензент(ы):

Галеев А.А. \_\_\_\_\_

"\_\_" \_\_\_\_\_ 201\_\_ г.