МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
Федеральное государственное автономное образовательное учреждение
высшего образования
"Казанский (Приволжский) федеральный университет"
Институт экологии и природопользования

УТВЕРЖДАЮ
Проректор по образовательной деятельности КФУ
Проф. Д.А. Таюрский
_____ «___»_____20__г.

*подписано электронно-цифровой подписью*

# Программа дисциплины

Компьютерное моделирование переноса загрязнений в окружающей среде Б1.В.ДВ.8

Направление подготовки: 05.03.06 - Экология и природопользование
Профиль подготовки:
Квалификация выпускника: бакалавр
Форма обучения: очное
Язык обучения: русский

**Автор(ы):**
Зарипов Ш.Х. , Костерина Е.А.

**Рецензент(ы):**
Шарафутдинов В.Ф.

**СОГЛАСОВАНО:**
Заведующий(ая) кафедрой: Зарипов Ш. Х.
Протокол заседания кафедры No ___ от "____" _____ 201__г
Учебно-методическая комиссия Института экологии и природопользования:
Протокол заседания УМК No ____ от "____" _____ 201__г

Регистрационный No 225718

Казань
2018


ЭЛЕКТРОННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ
ИНФОРМАЦИОННО-АНАЛИТИЧЕСКАЯ СИСТЕМА КФУ

## 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) заведующий кафедрой, д.н. (профессор) Зарипов Ш.Х. кафедра моделирования экологических систем отделение экологии , Shamil.Zaripov@kpfu.ru ; доцент, к.н. (доцент) Костерина Е.А. кафедра моделирования экологических систем отделение экологии , Ekaterina.Kosterina@kpfu.ru

## 1. Цели освоения дисциплины

Развитие навыков построения и анализа моделей движения воды и воздуха и переноса загрязнений в специализированных готовых пакетах программ с целью оценки техногенного воздействия на окружающую среду и рационального использования природных ресурсов

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

Данная учебная дисциплина включена в раздел " Б1.В.ДВ.8 Дисциплины (модули)" основной образовательной программы 05.03.06 Экология и природопользование и относится к дисциплинам по выбору. Осваивается на 4 курсе, 7 семестр.

Данная учебная дисциплина включена в раздел Б1.В.ДВ.15 основной образовательной программы 05.03.06 Экология и природопользование и относится к дисциплинам по выбору. Осваивается на 4 курсе, 8 семестр.

Для освоения дисциплины необходимы знания по дисциплинам 'Математика', 'Физика', 'Информатика', 'География', 'Геология с основами геоморфологии', 'Гидрология', 'Картография', 'Методы геохимического опробования и анализа', 'Процессы переноса в окружающей среде'. Материал данного курса может быть применен в профессиональной деятельности в организациях, занимающихся проектированием и управлением в области водных ресурсов

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

В результате освоения дисциплины формируются следующие компетенции:

| Шифр компетенции | Расшифровка приобретаемой компетенции |
|---|---|
| ОПК-1 (профессиональные компетенции) | владением базовыми знаниями в области фундаментальных разделов математики в объеме, необходимом для владения математическим аппаратом экологических наук, обработки информации и анализа данных по экологии и природопользованию |
| ОПК-3 (профессиональные компетенции) | владение профессионально профилированными знаниями и практическими навыками в общей геологии, теоретической и практической географии, общего почвоведения и использование их в области экологии и природопользования |
| ОПК-5 (профессиональные компетенции) | владение знаниями основ учения об атмосфере, гидросфере, биосфере и ландшафтоведении |
| ОПК-8 (профессиональные компетенции) | владение знаниями о теоретических основах экологического мониторинга, нормирования и снижения загрязнения окружающей среды, техногенных систем и экологического риска, способностью к использованию теоретических знаний в практической деятельности |

| Шифр компетенции | Расшифровка приобретаемой компетенции |
|---|---|
| ОПК-9 (профессиональные компетенции) | способность решать стандартные задачи профессиональной деятельности на основе информационной и библиографической культуры с применением информационно-коммуникационных технологий и с учетом основных требований информационной безопасности |
| ПК-16 (профессиональные компетенции) | владение знаниями в области общего ресурсоведения, регионального природопользования, картографии |
| ПК-4 (профессиональные компетенции) | способностью прогназировать техногенные катастрофы и их последствия, планировать мероприятия по профилактике и ликвидации последствий экологических катастроф, принимать профилактические меры для снижения уровня опасностей различного вида и их последствий |
| ОК-3 (общекультурные компетенции) | владение профессионально профилированными знаниями и практическими навыками в общей геологии, теоретической и практической географии, общего почвоведения и использовать их в области экологии и природопользования |
| ОК-9 (общекультурные компетенции) | способность использовать приемы оказания первой помощи, методы защиты в условиях чрезвычайных ситуаций |
| ОПК-2 (профессиональные компетенции) | владение базовыми знаниями фундаментальных разделов физики, химии и биологии в объеме, необходимом для освоения физических, химических и биологических основ в экологии и природопользования; владением методами химического анализа, владением знаниями о современных динамических процессах в природе и техносфере, о состоянии геосфер Земли, экологии и эволюции биосферы, глобальных экологических проблемах, а также методами отбора и анализа геологических и биологических проб; владением навыками идентификации и описания биологического разнообразия, его оценки современными методами количественной обработки информации |
| ОПК-4 (профессиональные компетенции) | владение базовыми общепрофессиональными (общеэкологическими) представлениями о теоретических основах общей экологии, геоэкологии, экологии человека, социальной экологии, охраны окружающей среды |
| ОПК-6 (профессиональные компетенции) | владение знаниями основ природопользования, экономики природопользования, устойчивого развития, оценки воздействия на окружающую среду, правовых основ природопользования и охраны окружающей среды |
| ПК-14 (профессиональные компетенции) | владение знаниями об основах землеведения, климатологии, гидрологии, ландшафтоведения, социально-экономической географии и картографии |


ЭЛЕКТРОННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ
ИНФОРМАЦИОННО-АНАЛИТИЧЕСКАЯ СИСТЕМА КФУ

| Шифр компетенции | Расшифровка приобретаемой компетенции |
|---|---|
| ПК-9 (профессиональные компетенции) | владение методами подготовки документации для экологической экспертизы различных видов проектного анализа, проведения инженерно-экологических исследований для оценки воздействия на окружающую среду разных видов хозяйственной деятельности, методами оценки воздействия хозяйственной деятельности на окружающую среду и здоровье населения, оценки экономического ущерба и рисков для природной среды, экономической эффективности природоохранных мероприятий, платы за пользование природными ресурсами |

В результате освоения дисциплины студент:

1. должен знать:

Принципы построения компьютерных моделей и проведения расчетов в готовых пакетах программ, предназначенных для моделирования процессов, связанных с движением воды и воздуха.

2. должен уметь:

Анализировать готовые модели движения воды и воздуха и переноса загрязнений, созданные в пакетах Fluent и PM5 (ModFlow).

3. должен владеть:

Навыками построения простых моделей движения воды и воздуха и переноса загрязнений, созданные в пакетах Fluent и PM5 (ModFlow).

4. должен демонстрировать способность и готовность:

применять теоретические знания об атмосферных течениях и течениях в водоемах, навыки расчетного прогнозирования уровня загрязнений в воздушной и водной средах

## 4. Структура и содержание дисциплины/ модуля

Общая трудоемкость дисциплины составляет 3 зачетных(ые) единиц(ы) 108 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 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. Тема 1. Гидродинамика водоемов и подземных | | | | | | |


ЭЛЕКТРОННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ
ИНФОРМАЦИОННО-АНАЛИТИЧЕСКАЯ СИСТЕМА КФУ

вод.

| | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| 8 | 1-11 | 12 | 0 | 0 | Коллоквиум |

| N | Раздел Дисциплины/ Модуля | Семестр | Неделя семестра | Виды и часы аудиторной работы, их трудоемкость (в часах) | | | Текущие формы контроля |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | | Лекции | Практические занятия | Лабораторные работы | |
| 2. | Тема 2. Тема 2. Гидрогеологическое моделирование в пакете PM5 (ModFlow) | 8 | Л-2, Пр1-7 | 2 | 28 | 0 | Отчет |
| 3. | Тема 3. Тема 3. Моделирование движения воды и воздуха и переноса загрязнений в пакете Fluent | 8 | Л7,Пр12-14 | 2 | 16 | 0 | Отчет |
| 4. | Тема 4. Тема 4. Гидрологическое моделирование (пакеты ?Гидрограф?, Mike, Swat) | 8 | 15 | 2 | 2 | 0 | Отчет |
| . | Тема . Итоговая форма контроля | 7 | | 0 | 0 | 0 | Зачет |
| | Итого | | | 18 | 46 | 0 | |

**4.2 Содержание дисциплины**

**Тема 1. Тема 1. Гидродинамика водоемов и подземных вод.**

***лекционное занятие (12 часа(ов)):***

Классификация природных вод. Качество воды. Загрязнения водных сред. Гидродинамические процессы в окружающей среде. Вывод уравнений гидродинамики водных течений. Интегральные уравнения сохранения. Система уравнений динамики несжимаемой жидкости. Приближенные модели. Вывод одномерных уравнений Сан-Венана. Двумерные уравнения мелкой воды. Модели турбулентности. Моделирование гидродинамических течений в водоемах. Основные сведения о гидрологии водоемов. Гидрология открытых водоемов. Батиметрия рек. Основы динамики потоков с жестким руслом. Ламинарный и турбулентный режимы речных потоков. Определение основных параметров пристенного слоя. Коэффициент Шези. Основные положения гидрогеологии. Связь физико-математических и гидрогеологических теоретических положений как основа компьютерной математической модели в гидрогеологии. Виды и условия залегания подземных вод. Основные законы движения воды в недрах. Происхождение подземных вод. Виды и методы гидрогеологических исследований как источник реальных значений параметров для математических моделей. Принципы выбора границ объекта гидрогеологического моделирования

**Тема 2. Тема 2. Гидрогеологическое моделирование в пакете PM5 (ModFlow)**

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

Численные методы решения уравнений гидромеханики. Граничные условия. Последовательность действий при построении модели и параметры, связанные с методами решения уравнений.

***практическое занятие (28 часа(ов)):***

Решение типовых задач по построению и анализу моделей: моделирование с учетом наличия рек, озер, морского залива, откачивающих и закачивающих скважин, моделирование рельефа, привязка модели к карте

**Тема 3. Тема 3. Моделирование движения воды и воздуха и переноса загрязнений в пакете Fluent**

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

Уравнения движения воздушной среды и методы их решения. Граничные условия. Обобщенное уравнение переноса. Метод конечных объемов

***практическое занятие (16 часа(ов)):***

Возможности вычислительного эксперимента для решения задач прогнозирования движения загрязнений в воздушной и водной средах. Стандартные пакеты программ решения задач гидромеханики. Возможности CFD пакетов для прогнозирования движения примесей в водной и воздушной средах. Стандартные программы расчета распространения загрязнений. Освоение работы в графическом редакторе и расчетном модуле. Уравнение диффузии. Уравнение конвективной диффузии. Алгоритм Simple. Решение системы алгебраических уравнений для дискретных значений функций. Нестационарные задачи. Граничные условия. Выбор численных схем в среде CFD пакета. Основные модели турбулентности в CFD пакетах. Идеология построения CFD программ. Препроцессинг, решатель, постпроцессиниг. Графический редактор. Общее описание. Элементарные объекты для создания геометрии: узлы, линии, грани, объемы. Булевы операции с геметрическими объектами. Глобальная и локальная системы координат. Экспорт геометрии в расчетный модуль. Сеточное разбиение расчетной области. Типы двумерных и трехмерных конечных объемов. Регулярное и нерегулярное разбиение. Задание граничных условий. Типичные граничные условия. Определение граничных профилей. Свойства среды. Выбор физической модели. Выбор типов решателей. Стационарные и нестационарные задачи. Определение точности расчета. Вывод на экран невязок и рассчитываемых функций. Сохранение расчетных данных. Постпроцессинг. Графическое представление расчетных результатов

**Тема 4. Тема 4. Гидрологическое моделирование (пакеты ?Гидрограф?, Mike, Swat)**

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

Обзор программ ANSYS Fluent, Mike 21, Гидрограф, Эколог, Modflow.

***практическое занятие (2 часа(ов)):***

Обзор программ ANSYS Fluent, Mike 21, Гидрограф, Эколог, Modflow.

### 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. Тема 1. Гидродинамика водоемов и подземных вод. | 8 | 1-11 | подготовка к коллоквиуму | 11 | коллоквиум |
| 2. | Тема 2. Тема 2. Гидрогеологическое моделирование в пакете PM5 (ModFlow) | 8 | Л-2, Пр1-7 | подготовка к отчету | 11 | отчет |
| 3. | Тема 3. Тема 3. Моделирование движения воды и воздуха и переноса загрязнений в пакете Fluent | 8 | Л7,Пр12-14 | подготовка к отчету | 11 | отчет |
| 4. | Тема 4. Тема 4. Гидрологическое моделирование (пакеты ?Гидрограф?, Mike, Swat) | 8 | 15 | подготовка к отчету | 11 | отчет |

| N | Раздел Дисциплины | Семестр | Неделя семестра | Виды самостоятельной работы студентов | Трудоемкость (в часах) | Формы контроля самостоятельной работы |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | Итого | | | | 44 | |

## 5. Образовательные технологии, включая интерактивные формы обучения

Для проведения лекции используется возможности мультимедийного класса с проектированием части лекций в виде презентации на экран, с включением в лекцию видео материалов. Для решения практических задач используются занятия в дисплейном классе. Интерактивные формы проведения занятий составляют 40% аудиторной нагрузки

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

**Тема 1. Тема 1. Гидродинамика водоемов и подземных вод.**

коллоквиум , примерные вопросы:

Чтение и анализ литературы по теме

**Тема 2. Тема 2. Гидрогеологическое моделирование в пакете PM5 (ModFlow)**

отчет , примерные вопросы:

Разбор и доработка заданий, выполняемых во время практических занятий, чтение и анализ литературы о составлении моделей и получении параметров для них

**Тема 3. Тема 3. Моделирование движения воды и воздуха и переноса загрязнений в пакете Fluent**

отчет , примерные вопросы:

Разбор и доработка заданий, выполняемых во время практических занятий, чтение и анализ литературы о составлении моделей и получении параметров для них

**Тема 4. Тема 4. Гидрологическое моделирование (пакеты ?Гидрограф?, Mike, Swat)**

отчет , примерные вопросы:

Разбор и доработка заданий, выполняемых во время практических занятий, чтение и анализ литературы о составлении моделей и получении параметров для них

**Итоговая форма контроля**

зачет

Примерные вопросы к зачету:

Семестровые практические работы:

1) Гидрогеологическое моделирование в пакете PM5 (ModFlow)

Расчет расположения водозаборной скважины и подбор ее максимального расхода по имеющимся данным: схемы в плане и в разрезе, данные о водоносных пластах, данные с наблюдательной скважины, среднемноголетняя величина осадков.

а)Расчет распределения концентрации воздушных загрязнений от автомобильного транспорта в условиях города Казани

б)расчет распределения концентрации на участке реки

Примеры вопросов аттестации по итогам освоения дисциплины:

1.Гидродинамические процессы в окружающей среде.

2. Загрязнения водных сред.

3. Уравнения гидродинамики водных течений

3. Ламинарный и турбулентный режимы речных потоков.

4. Одномерные уравнения Сан-Венана.

5.Основные положения гидрогеологии.
6. Физические свойства подземных вод.
7. Источники загрязнения подземных вод.
8. Пористые среды.
9. Методы теории фильтрации однородной жидкости.
10. Закон Дарси
11. Решение простейших задач фильтрации.
12. Обзор программы ANSYS Fluent
13. Пакеты "Гидрограф", Mike, Swat
14. Пакет PM5

**7.1. Основная литература:**

1.Гледко, Ю.А. Гидрогеология [Электронный ресурс] : учеб. пособие / Ю.А. Гледко. - Минск: Выш. шк., 2012. - 446 с.: ил. - ISBN 978-985-06-2126-9. - http://znanium.com/catalog.php?bookinfo=508532

2. Математические методы в гидрогеологии: Учебное пособие для вузов / В.С. Назаренко, О.В. Назаренко. - Ростов-на-Дону: Издательство ЮФУ, 2010. - 126 с. ISBN 978-5-9275-0757-3 - http://znanium.com/catalog.php?bookinfo=550745

3. Тихонова И. О. Основы экологическиого мониторинга: Учебное пособие / И.О. Тихонова, Н.Е. Кручинина. - М.: Форум: НИЦ ИНФРА-М, 2015. - 240 с.: 60x90 1/16. - (Высшее образование: Бакалавриат). (обложка) ISBN 978-5-00091-041-2 - URL: http://znanium.com/catalog.php?bookinfo=501429 - Загл. с экрана

4. Задачи математической экологии и пакет Maxima : учебное пособие / Казан. федер. ун-т, Ин-т экологии и природопользования ; [авт.-сост.:] Ш. Х. Зарипов, Д. Ф. Абзалилов, Е. А. Костерина .- Казань : [Казанский университет], 2015 .-119 с.

5. Задачи математической экологии и пакет Maxima : учебное пособие / Казан. федер. ун-т, Ин-т экологии и природопользования ; [авт.-сост.:] Ш. Х. Зарипов, Д. Ф. Абзалилов, Е. А. Костерина .- Казань : [Казанский университет], 2015 .- 119 с. - в свободном доступе в каталоге учебных ресурсов КФУ - URL:http://kpfu.ru/staff_files/F2116996879/Zadachi_matematicheskoj_ekologii_i_paket_Maxima.pdf

**7.2. Дополнительная литература:**

1.Наац, В.И. Математические модели и численные методы в задачах экологического мониторинга атмосферы. [Электронный ресурс] : моногр. / В.И. Наац, И.Э. Наац. ? Электрон. дан. ? М. : Физматлит, 2009. ? 327 с. ? Режим доступа: http://e.lanbook.com/book/2268 ? Загл. с экрана.

2. Владимиров, В.С. Уравнения математической физики. [Электронный ресурс] : учеб. / В.С. Владимиров, В.В. Жаринов. ? Электрон. дан. ? М. : Физматлит, 2000. ? 400 с. ? Режим доступа: http://e.lanbook.com/book/2363 ? Загл. с экрана.

**7.3. Интернет-ресурсы:**

Курс лекций Масачусетского технологического ун-та - http://ocw.mit/edu/courses/cicil-and-environmental-engineering/1-061-transport-processes-in-the-environm

математический образовательный сайт - www.exponenta.ru

Портал по механике для студентов: лекции, чертежи, литература - bcoreanda.com

сайт фирмы - www.wolfram.com

электронная база научной литературы - www.scirus.com

электронная база научной литературы - www.sciencedirect.com

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

Освоение дисциплины "Компьютерное моделирование переноса загрязнений в окружающей среде" 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 оборудованием 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.

Мультимедийные средства.

Компьютеры с установленными на них интегрированными математическими пакетами.

Программа составлена в соответствии с требованиями ФГОС ВПО и учебным планом по направлению 05.03.06 "Экология и природопользование" .

Автор(ы):
Зарипов Ш.Х. _____
Костерина Е.А. _____
"__" _____ 201 __ г.

Рецензент(ы):
Шарафутдинов В.Ф. _____
"__" _____ 201 __ г.