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

УТВЕРЖДАЮ

Проректор по образовательной деятельности КФУ

Проф. Таюрский Д.А.

_____ "___" _____20___ г.

подписано электронно-цифровой подписью

Программа дисциплины

Системный анализ и моделирование в экологии Б1.В.ОД.6

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

Автор(ы):

Зарипов Ш.Х.

Рецензент(ы):

Скворцов Э.В.

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 235317

Казань
2017

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

1. Цели освоения дисциплины

знакомство с основами системного анализа в экологии и моделирования экологических и систем.

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

Данная учебная дисциплина включена в раздел " Б1.В.ОД.6 Дисциплины (модули)" основной образовательной программы 05.03.06 Экология и природопользование и относится к обязательным дисциплинам. Осваивается на 3 курсе, 6 семестр.

Дисциплина относится к разделу Б3.В.6 ООП и развивает представления о системном анализе и математическом моделировании в экологии. Для полноценного освоения курса требуется знание основ Математики в объеме двухгодичного курса и курса Информатика. Материал данного курса необходим при выполнении курсовых и дипломных работ, связанных с математическим моделированием.

Дисциплина осваивается на 3-ем курсе (6 семестр).

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

В результате освоения дисциплины формируются следующие компетенции:

Шифр компетенции	Расшифровка приобретаемой компетенции
ОПК-9 (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-17 (профессиональные компетенции)	способностью решать глобальные и региональные геологические проблемы
ПК-2 (профессиональные компетенции)	владением методами отбора проб и проведения химико-аналитического анализа вредных выбросов в окружающую среду, геохимических исследований, обработки, анализа и синтеза производственной, полевой и лабораторной экологической информации, методами составления экологических и техногенных карт, сбора, обработки, систематизации, анализа информации, формирования баз данных загрязнения окружающей среды, методами оценки воздействия на окружающую среду, выявлять источники, виды и масштабы техногенного воздействия

Шифр компетенции	Расшифровка приобретаемой компетенции
ПК-20 (профессиональные компетенции)	владением методами геохимических и геофизических исследований, общего и геоэкологического картографирования, обработки, анализа и синтеза полевой и лабораторной геоэкологической информации и использовать теоретические знания на практике; методами обработки, анализа и синтеза полевой и лабораторной экологической информации и использовать теоретические знания на практике

В результате освоения дисциплины студент:

1. должен знать:

теоретические основы системного анализа и методов математического моделирования в экологии.

2. должен уметь:

ориентироваться в математических моделях экологических систем, задачах распространения загрязнений в водных и воздушных средах, эколого-экономических моделях, математических методах.

3. должен владеть:

навыками работы в среде интегрированного математического пакета, провести мини-исследование по учебной модели с прохождением всех этапов моделирования.

4. должен демонстрировать способность и готовность:

владения основами системного анализа и методами математического моделирования в экологии.

4. Структура и содержание дисциплины/ модуля

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

Форма промежуточного контроля дисциплины экзамен в 6 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.						

ОБЩИЕ ПОНЯТИЯ И ПРИНЦИПЫ СИСТЕМНОГО АНАЛИЗА

6	1-3	6	0	4

ЭЛЕКТРОННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ
ИНФОРМАЦИОННО-АНАЛИТИЧЕСКАЯ СИСТЕМА КФУ

N	Раздел Дисциплины/ Модуля	Семестр	Неделя семестра	Виды и часы аудиторной работы, их трудоемкость (в часах)			Текущие формы контроля
				Лекции	Практические занятия	Лабораторные работы	
3.	Тема 3. ТЕМА 2. МАТЕМАТИЧЕСКИЕ МОДЕЛИ ТЕОРИИ ПОПУЛЯЦИЙ	6	4-6	6	0	6	
6.	Тема 6. ТЕМА 3. МАТЕМАТИЧЕСКИЕ МОДЕЛИ В ЭКОЛОГИИ	6	7-9	6	0	6	
9.	Тема 9. ТЕМА 4. ЭТАП КОМПЬЮТЕРНОГО МОДЕЛИРОВАНИЯ	6	10-12	6	0	6	
12.	Тема 12. Подготовка к экзамену	6		0	0	0	
.	Тема . Итоговая форма контроля	6		0	0	0	Экзамен
	Итого			24	0	22	

4.2 Содержание дисциплины

Тема 1. ТЕМА 1. ОБЩИЕ ПОНЯТИЯ И ПРИНЦИПЫ СИСТЕМНОГО АНАЛИЗА

лекционное занятие (6 часа(ов)):

Математическое моделирование: история и современность. История математической экологии. Теория систем. Системный анализ. Система и виды систем. Понятие сложной системы и экологической системы. Характеристики сложных систем. Системный анализ в экологии. Описание структуры экосистемы. Основные этапы моделирования экосистем. Математическое описание системы. Устойчивость систем.

лабораторная работа (4 часа(ов)):

Системный анализ. Система и виды систем. Понятие сложной системы и экологической системы. Характеристики сложных систем. Системный анализ в экологии. Описание структуры экосистемы. Основные этапы моделирования экосистем. Математическое описание системы. Устойчивость систем.

Тема 3. ТЕМА 2. МАТЕМАТИЧЕСКИЕ МОДЕЛИ ТЕОРИИ ПОПУЛЯЦИЙ

лекционное занятие (6 часа(ов)):

Модели на основе дифференциальных уравнений. Модели динамики популяций с учетом межвидового взаимодействия: нейтрализм, аменсализм, комменсализм, конкуренция, отношения типа хищник-жертва. Модели биологических сообществ. Дискретные модели популяций. Разностные уравнения. Разностное логистическое уравнение. Сценарий перехода к хаосу. Дискретные модели популяций. Матричные модели.

лабораторная работа (6 часа(ов)):

Модели на основе дифференциальных уравнений в теории популяций. Дискретные модели популяций. Матричные модели.

Тема 6. ТЕМА 3. МАТЕМАТИЧЕСКИЕ МОДЕЛИ В ЭКОЛОГИИ

лекционное занятие (6 часа(ов)):

ЭЛЕКТРОННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ
ИНФОРМАЦИОННО-АНАЛИТИЧЕСКАЯ СИСТЕМА КФУ

Эколого-экономические модели. Модели переноса загрязнений в водных средах и в атмосфере. Обзор ряда известных моделей экосистем.

лабораторная работа (6 часа(ов)):

Реализация гауссовой модели рассеяния в интегрированном математическом пакете. Реализации моделей распространения загрязнений в реке и грунтовых водах в математическом пакете.

Тема 9. ТЕМА 4. ЭТАП КОМПЬЮТЕРНОГО МОДЕЛИРОВАНИЯ

лекционное занятие (6 часа(ов)):

Этап компьютерного моделирования. Введение в математические и статистические пакеты. Возможности "предметных" пакетов программ для решения задач математической экологии.

лабораторная работа (6 часа(ов)):

Решение алгебраических и трансцендентных уравнений в интегрированном пакете. Решение дифференциальных уравнений в интегрированном пакете.

Тема 12. Подготовка к экзамену

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
3.	Тема 3. ТЕМА 2. МАТЕМАТИЧЕСКИЕ МОДЕЛИ ТЕОРИИ ПОПУЛЯЦИЙ	6	4-6	Повторить модели популяций в случае одного и двух видов. Рассмотреть модели сообществ. Включить в мо	8	Устный опрос и проверка письменных работ
6.	Тема 6. ТЕМА 3. МАТЕМАТИЧЕСКИЕ МОДЕЛИ В ЭКОЛОГИИ	6	7-9	Повторить эколого-экономические модели и модели переноса загрязнений. Провести в литературе поиск но	8	Устный опрос и проверка письменных работ
9.	Тема 9. ТЕМА 4. ЭТАП КОМПЬЮТЕРНОГО МОДЕЛИРОВАНИЯ	6	10-12	Развить навыки работы в математическом пакете для решения дифференциальных и разностных уравнений.	10	Устный опрос и проверка компьютерных программ
	Итого				26	

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.

В рамках интерактивных занятий проводится обсуждение современных моделей экосистем (модели сообществ, имитационные модели экосистем).

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

Тема 1. ТЕМА 1. ОБЩИЕ ПОНЯТИЯ И ПРИНЦИПЫ СИСТЕМНОГО АНАЛИЗА

Тема 3. ТЕМА 2. МАТЕМАТИЧЕСКИЕ МОДЕЛИ ТЕОРИИ ПОПУЛЯЦИЙ

Устный опрос и проверка письменных работ, примерные вопросы:

Контрольная работа 1 (Примеры заданий) 1) Написать уравнения модели одной популяции с учетом половой структуры, двумя возрастными группами и ограниченными пищевыми ресурсами. 2) Написать уравнения модели из четырех популяций, две из которых жертвы, конкурирующие за пищу, а две другие ? хищники. Один хищник поедает только один вид жертвы, а другой ? оба вида. 3) Написать уравнения модели одной популяции с учетом половой структуры и ограниченными пищевыми ресурсами. 4) Написать уравнения модели одной популяции с учетом половой структуры и тремя возрастными группами. 5) Написать уравнения модели одной популяции с учетом двухвозрастной структуры. 6) Написать уравнения модели одной популяции с учетом половой структуры, двумя возрастными группами и ограниченными пищевыми ресурсами. 7) Написать уравнения модели одиночной нелимитированной и лимитированной популяции.

Тема 6. ТЕМА 3. МАТЕМАТИЧЕСКИЕ МОДЕЛИ В ЭКОЛОГИИ

Устный опрос и проверка письменных работ, примерные вопросы:

Краткая презентация темы (модели экологических катастроф, модели природных процессов, модели речных систем и т.п.)

Тема 9. ТЕМА 4. ЭТАП КОМПЬЮТЕРНОГО МОДЕЛИРОВАНИЯ

Устный опрос и проверка компьютерных программ, примерные вопросы:

Контрольная работа 2, (текст программы, реализующей модель) 1 Написать программу решения задачи Коши для системы обыкновенных дифференциальных уравнений и построения фазовых траекторий. 2 Написать уравнение линейной регрессии для данных. 3 Изобразить графически сценарии поведение в фазовой плоскости системы хищник-жертва

Тема 12. Подготовка к экзамену

Тема . Итоговая форма контроля

Примерные вопросы к экзамену:

Для аттестации по итогам освоения дисциплины проводится экзамен. Текущий контроль успеваемости и контроль выполнения самостоятельной работы осуществляются путем устного опроса студентов на лекциях, проверки решений на практических занятиях. Самостоятельная работа студентов предполагает проработку теоретического материала и развитие практических навыков с использованием основной и дополнительной литературы и по Интернет-источникам, а также выполнение практических заданий (Приложение 1).

Вопросы к экзамену

1) Общие понятия и принципы системного анализа. Этапы системного анализа.

2) Понятие сложной системы и экологической системы. Характеристики сложных систем.

3) Системный анализ в экологии.

4) Моделирование реальных систем. Виды моделирования - физическое, математическое.

5) Задачи анализа реальной системы и синтеза ее математической модели.

6) Основные этапы моделирования экосистем: формулировка проблемы, описание структуры экосистемы, математическое описание, выбор математической модели и ее реализация, компьютерное моделирование, анализ полученных результатов, идентификация параметров, постановка задачи оптимизации.

7) Описание структуры экосистемы. Объект исследования и окружающая его среда. Анализ экосистемы - компоненты, их характеристика, связи между компонентами.

8) Вещественные, энергетические и информационные потоки. Процессы в экосистемах, выделение существенных процессов. Факторы, оказывающие влияние на экосистему: внешние и внутренние, случайные, управляемые.

9) Гипотезы о функционировании экосистемы и ее компонентов. Непрерывное и дискретное описание времени жизни модели.

10) Математическое описание. Система обозначений: константы, переменные, функции. Вектор состояния экосистемы. Единицы измерений.

11) Характер математических моделей: детерминированные и стохастические, динамические и стационарные, линейные и нелинейные, аналитические и численные.

12) Классификация математических моделей: разностные уравнения, модели на основе дифференциальных уравнений, матричные модели, эмпирико-статистические модели, оптимизационные модели.

13) Имитационное моделирование экологических процессов.

14) Динамика плотности одиночной популяции: экспоненциальная и логистическая модели.

15) Классификация межвидовых взаимодействий. Модели динамики популяций с учетом межвидового взаимодействия: нейтрализм, аменсализм,

16) Классификация межвидовых взаимодействий. Модели динамики популяций с учетом межвидового взаимодействия: комменсализм, конкуренция.

17) Классификация межвидовых взаимодействий. Модели динамики популяций с учетом межвидового взаимодействия: отношения типа хищник-жертва.

18) Модели биологических сообществ. Структура сообществ. Трофические уровни. Уравнения Вольтерра.

19) Стационарные состояния и динамические режимы в сообществе из трех видов.

20) Разностные модели. Порядок разностного уравнения. Линейные разностные уравнения первого и второго порядка. Системы разностных уравнений.

21) Разностный аналог экспоненциальной и логистической моделей.

22) Устойчивость систем. Элементы математической теории устойчивости. Траектории в фазовом пространстве. Предельный цикл. Хаос в динамических системах.

23) Матричные модели. Матрица Лесли. Главное собственное число и собственный вектор.

24) Элементы теории корреляции. Линейная корреляция. Метод наименьших квадратов.

25) Регрессионные модели. Линейная и нелинейная регрессия. Множественная регрессия.

26) Эколого - экономические модели. Динамика процессов в "Чудесной стране"- математическая модель демографических, экономических и природоохранных взаимосвязей.

27) Этап компьютерного моделирования. Обзор известных программных продуктов. Языки программирования, выбор численного метода, графические средства. Отладка программы. Проведение компьютерного эксперимента.

Примеры практических заданий для контрольных работ:

1) Написать уравнения модели одной популяции с учетом половой структуры, двумя возрастными группами и ограниченными пищевыми ресурсами.

2) Написать уравнения модели из четырех популяций, две из которых жертвы, конкурирующие за пищу, а две другие - хищники. Один хищник поедает только один вид жертвы, а другой - оба вида.

3) Написать уравнения модели одной популяции с учетом половой структуры и ограниченными пищевыми ресурсами.

4) Написать уравнения модели одной популяции с учетом половой структуры и тремя возрастными группами.

5) Написать уравнения модели одной популяции с учетом двухвозрастной структуры.

6) Написать уравнения модели одной популяции с учетом половой структуры, двумя возрастными группами и ограниченными пищевыми ресурсами.

ЭЛЕКТРОННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ
ИНФОРМАЦИОННО-АНАЛИТИЧЕСКАЯ СИСТЕМА КФУ

7) Написать уравнения модели одиночной нелимитированной и лимитированной популяции.

8) Написать уравнения модели конкуренции трех популяций с учетом двухвозрастной структуры.

9) Написать уравнения модели хищник-жертва.

10) Построить динамику экосистемы с начальным вектором *** и матрицей Лесли *** на четырех временных шагах.

11) Вычислить долю особей, которую можно изьять из популяции на одном временном шаге без ущерба для стабильности, если главное собственное число матрицы Лесли равно ***.

12) Написать уравнения модели эпидемии при передаче болезни паразитами-переносчиками.

7.1. Основная литература:

1. Введение в математическую экологию : учебно-методическое пособие для студентов экологических специальностей / [авт.-сост.] Ш. Х. Зарипов ; [науч. ред. д.ф.-м.н., проф. Э. В. Скворцов] ; Казан. (Приволж.) федер. ун-т, Фак. географии и экологии .- Казань : Казанский университет, 2010 .- 47 с.

2. Основы информатизации и математического моделирования экологических систем: Учебное пособие / В.П. Мешалкин, О.Б. Бутусов, А.Г. Гнаук. - М.: ИНФРА-М, 2010. - 357 с.: 60x88 1/16. - (Высшее образование). (обложка) ISBN 978-5-16-003818-6 - URL: http://znanium.com/bookread.php?book=184099

7.2. Дополнительная литература:

1.Самарский, А.А. Математическое моделирование: Идеи. Методы. Примеры. [Электронный ресурс] : моногр. / А.А. Самарский, А.П. Михайлов. ? Электрон. дан. ? М. : Физматлит, 2005. ? 320 с. ? Режим доступа: http://e.lanbook.com/book/59285 ? Загл. с экрана.

2. Кондратьев, К.Я. Моделирование глобального круговорота углерода. [Электронный ресурс] / К.Я. Кондратьев, В.Ф. Крапивин. - Электрон. дан. - М. : Физматлит, 2004. - 336 с. - Режим доступа: http://e.lanbook.com/book/2744 - Загл. с экрана.

3. Рубин, А.Б. Биофизика: В 2 т. Т. 1 : Теоретическая биофизика: Учебник. [Электронный ресурс] : учеб. - Электрон. дан. - М. : МГУ имени М.В.Ломоносова, 2004. - 448 с. - Режим доступа: http://e.lanbook.com/book/10122 - Загл. с экрана.

7.3. Интернет-ресурсы:

Институт экологии Волжского бассейна - www.ievbran.ru/1/

математический образовательный сайт - www.exponenta.ru

сайт кафедры биофизики Биологического факультета Московского Государственного Университета имени М.В.Ломоносова - www.biophys.msu.ru

сайт фирмы "Wolfram Research" с описанием пакета Mathematica - www.wolfram.com

электронная база научной литературы - www.sciencedirect.com

8. Материально-техническое обеспечение дисциплины(модуля)

Освоение дисциплины "Системный анализ и моделирование в экологии" 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.

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.

Учебно-методическая литература для данной дисциплины имеется в наличии в электронно-библиотечной системе Издательства "Лань" , доступ к которой предоставлен студентам. ЭБС Издательства "Лань" включает в себя электронные версии книг издательства "Лань" и других ведущих издательств учебной литературы, а также электронные версии периодических изданий по естественным, техническим и гуманитарным наукам. ЭБС Издательства "Лань" обеспечивает доступ к научной, учебной литературе и научным периодическим изданиям по максимальному количеству профильных направлений с соблюдением всех авторских и смежных прав.

Компьютеры с установленными на них интегрированными математическими пакетами.

www.sciencedirect.cm - электронная база научной литературы.

Мультимедийные средства.

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

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

Рецензент(ы):
Скворцов Э.В. _____
"__" _____ 201 __ г.