




МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ  
Федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего  
образования

«Дальневосточный федеральный университет»  
(ДФУ)

ШКОЛА ЕСТЕСТВЕННЫХ НАУК

«СОГЛАСОВАНО»  
Руководитель ОП

«УТВЕРЖДАЮ»  
Заведующая кафедрой экологии

  
Гальшева Ю.А.  
(подпись)  
«07» июня 2019 г.

  
Гальшева Ю.А.  
(подпись)  
«07» июня 2019 г.



**РАБОЧАЯ ПРОГРАММА УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ**

**«Экологическое моделирование»**

Направление подготовки

**05.03.06 Экология и природопользование**

**Профиль «Экология и природопользование»**

Квалификация (степень) выпускника

**Бакалавр**

Форма подготовки **очная**

курс 4 семестр 8

лекции 9 час.

практические занятия 18 час.

лабораторные работы \_\_\_\_\_ час.

в том числе с использованием МАО лек. \_\_\_\_\_ / пр. 10 / лаб. \_\_\_\_\_ час.

в том числе в электронной форме лек. \_\_\_\_\_ пр. \_\_\_\_\_ лаб. \_\_\_\_\_ час.

всего часов аудиторной нагрузки 27 час.

в том числе с использованием МАО 10 час.

в том числе контролируемая самостоятельная работа \_\_\_ час.

в том числе в электронной форме \_\_\_\_\_ час.

самостоятельная работа 9 час.

на подготовку к экзамену 36 час.

контрольные работы (количество) \_\_\_\_\_

курсовая работа / курсовой проект \_\_\_\_\_ семестр

зачет \_\_\_\_\_ семестр

экзамен 8 семестр

Рабочая программа составлена в соответствии с требованиями образовательного стандарта, самостоятельно устанавливаемого ДВФУ, утвержденного приказом ректора от 21.10.2016 № 2030.

Рабочая программа обсуждена на заседании кафедры \_\_\_\_\_ экологии  
протокол № 17 от « 07 » \_\_\_\_\_ июня 2019 г.

Заведующая кафедрой Гальшева Ю.А.  
Составитель: \_\_\_\_\_ к.б.н., доцент Яковлева А.Н.

**Оборотная сторона титульного листа РПУД**

**I. Рабочая программа пересмотрена на заседании кафедры:**

Протокол от « \_\_\_\_\_ » \_\_\_\_\_ 201 г. № \_\_\_\_\_

Заведующий (ая) кафедрой \_\_\_\_\_  
(подпись) (И.О. Фамилия)

**II. Рабочая программа пересмотрена на заседании кафедры:**

Протокол от « \_\_\_\_\_ » \_\_\_\_\_ 201 г. № \_\_\_\_\_

Заведующий (ая) кафедрой \_\_\_\_\_  
(подпись) (И.О. Фамилия)

## **1. Цель и задачи дисциплины:**

**Целью** курса «Экологическое моделирование»: дать базовые основы, позволяющие ориентироваться во множестве математических моделей в области экологии.

### **Задачи курса:**

- 1) ознакомление с основными терминами и понятиями математического моделирования;
- 2) освоение методов математического моделирования природных данных и биологических систем;
- 3) грамотное использование результатов математического моделирования для обработки, описания, исследования и оптимизации управления в области экологии и природопользования;
- 4) формирование навыков проведения математического моделирования экологических данных.

Требования к уровню освоения содержания курса: знание теоретических основ математической статистики и моделирования, навыки практического использования математических методов в исследованиях экологических процессов, базовые знания в области информатики, навыки использования программных средств и работы с компьютером.

Курс состоит из теоретической – лекционной и практической работы. В ходе практической части курса студенты готовят доклады и рефераты, выполняют задания с использованием методов математической статистики и моделирования по обработке экологических данных.

Завершающей формой контроля по дисциплине является экзамен. К итоговому контролю знаний допускаются студенты, которые выполнили практические работы и имеют зачтенные рефераты и отчет по индивидуальной работе.

Для успешного изучения дисциплины «Экологическое моделирование» у обучающихся должны быть сформированы следующие предварительные общекультурные (ОК), общепрофессиональные (ОПК) и профессиональные

компетенции (ПК), сформированные ранее освоенными дисциплинами (компетенции из ОС ВО ДВФУ бакалавриата по направлению подготовки 05.03.06 «Экология и природопользование»):

- способностью к самосовершенствованию и саморазвитию в профессиональной сфере, к повышению общекультурного уровня (ОК-1);
- способностью использовать современные методы и технологии (в том числе информационные) в профессиональной деятельности (ОК-5);
- способностью к самоорганизации и самообразованию (ОК-14);
- 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-1);
- владением базовыми знаниями фундаментальных разделов физики, химии и биологии в объеме, необходимом для освоения физических, химических и биологических основ в экологии и природопользования; владеть методами химического анализа, владеть 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; иметь навыки идентификации и описания биологического разнообразия, его оценки современными методами количественной обработки информации (ОПК-2);
- владением базовыми общепрофессиональными (общэкологическими) представлениями о теоретических основах общей экологии, геоэкологии, экологии человека, социальной экологии, охраны окружающей среды (ОПК-4);
- способностью понимать, излагать и критически анализировать базовую информацию в области экологии и природопользования (ОПК-7).

В результате освоения дисциплины «Экологическое моделирование» обучающийся *должен обладать* следующими общепрофессиональными компетенциями (ОПК) и профессиональными компетенциями (ПК) в области

«Экологии и природопользования»:

- 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-1);

- 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 (ПК-2).

Планируемые результаты обучения по данной дисциплине (знания, умения, владения), соотнесенные с планируемыми результатами освоения образовательной программы, характеризуют этапы формирования следующих компетенций и приведены в таблице 1.

Таблица 1 – Формирование профессиональных (ПК) и общепрофессиональных компетенций (ОПК) при изучении дисциплины «Экологическое моделирование»

<b>Код и формулировка компетенции</b>	<b>Этапы формирования компетенции</b>	
ОПК-1 - владение 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	Знает	- современные методы обработки информации; фундаментальные разделы экологии и информатики;
	Умеет	- пользоваться современными компьютерными технологиями, используемыми при сборе, хранении, обработке, анализе и передаче экологической информации;
	Владеет	- методами математического анализа и представления информации в области экологии и природопользования
ПК-2 - владением методами отбора проб и проведения химико-аналитического анализа вредных выбросов в окружающую среду,	Знает	- теоретические основы общей экологии, геоэкологии, экологии человека, социальной экологии, охраны окружающей среды; - основы математического анализа и основные методы количественной оценки экологических

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.		объектов; - современные компьютерные технологии, используемые при сборе, хранении, обработке, анализе и передаче информации;
	Умеет	- решать задачи профессиональной деятельности на основе информационной и библиографической культуры с применением информационно-коммуникационных технологий;
	Владеет	- знаниями об основах природопользования, экономики природопользования, устойчивого развития, оценки воздействия на окружающую среду, правовых основ природопользования и охраны окружающей среды; - современными методами компьютерных технологий при сборе, хранении, обработке, анализе и передаче экологической информации.

Для формирования вышеуказанных компетенций в рамках дисциплины «Экологическое моделирование» при проведении практических занятий планируется использование интерактивных образовательных технологий с использованием компьютерных симуляций. Практические занятия также планируется проводить в интерактивном режиме с использованием компьютерных технологий с разбором конкретных ситуаций и примеров в области экологии и природопользования. Применяются следующие методы активного / интерактивного обучения: лекции-беседы, проблемные лекции, семинары-беседы, доклады-сообщения.

## **I. СТРУКТУРА И СОДЕРЖАНИЕ ТЕОРЕТИЧЕСКОЙ ЧАСТИ КУРСА**

Общая трудоемкость дисциплины составляет 2 зачетные единицы и составляет **27** аудиторных часов (из них лекционных – **9** часов).

### **РАЗДЕЛ 1. Общие понятия математического моделирования природных процессов (4 час.)**

#### **Тема 1. Математические модели: определение, виды и подходы к классификации (1 час.)**

Структура и классификация математических моделей. Требования,

предъявляемые к математическим моделям. Общие свойства моделей.

**Тема 2. Метод математического моделирования и его место в экологии (1 час.)** – с использованием методов активного обучения – лекция-беседа

Независимые тенденции в моделировании процессов, происходящих в природе. Моделирование как основной метод познания сложных природных систем. Применение математических моделей в экологии. Обзор существующих подходов к математическому моделированию экологических процессов.

**Тема 3. Основные понятия теории систем (1 час.)** – с использованием методов активного обучения – проблемная лекция

Экосистема как объект математического моделирования и сложная динамическая система. Системный анализ – структура и этапы проведения. Причинно-следственные связи.

**Тема 4. Общая постановка и виды задач принятия решений (1 час.)**

Общая схема изучения сложных динамических систем методом математического моделирования. Этапы построения моделей. Структурная организация математического моделирования процессов.

**РАЗДЕЛ 2. Практическое моделирование процессов в экосистемах (5 час.).**

**Тема 1. Возможные подходы к моделированию сложных динамических биологических и экологических систем (4 час.)**

Причинно-следственные связи: положительная и отрицательная связи, циклы. Поточковые диаграммы. Фонды и потоки, примеры. Примеры некоторых процессов. Продукционный и линейный процесс, S-образный рост.

Модели геохимических круговоротов вещества. Математическое моделирование глобальных биогеохимических циклов: углерода, азота, серы, кальция, магния и др. Биотические компоненты углеродного цикла.

Модели динамики численности популяции и конкурентных отношений. Основное уравнение динамики численности популяции. Поведение модели при

разных значениях параметров. Логистическое уравнение динамики численности популяции. Дискретная и непрерывная формы. Запаздывание в системе. Модель Вольтера (конкуренция по питанию). Модели системы «хищник – жертва».

**Тема 2. Обзор пакетов компьютерных программ для моделирования сложных биологических систем и экологических процессов (1 час.)**

## **II. СТРУКТУРА И СОДЕРЖАНИЕ ПРАКТИЧЕСКОЙ ЧАСТИ КУРСА**

Процесс изучения дисциплины предусматривает проведение семинаров в рамках практических занятий, самостоятельную работу студентов, включающую подготовку рефератов и устных сообщений. В ходе практической работы студенты составляют модели экологических процессов на основе использования современных средств моделирования и иллюстративной графики.

### **Практические семинарские занятия (18 час.)**

**Занятие 1. Математическое моделирование и модели (2 час.)** – *семинар с использованием конспектирования литературных источников*

1. Модели и моделирование.
2. Разные подходы к определению понятия «моделирование».
3. Классификация моделей.
4. Требования, предъявляемые к математическим моделям.
5. Общие свойства моделей.
6. Уровни моделирования.
7. Основные этапы моделирования.
8. Значение моделирования.

**Занятие 2. Математическое моделирование как метод в экологии (2 час.)** – *семинар с использованием конспектирования литературных источников*

1. Моделирование как основной метод познания сложных природных систем.



2. Независимые тенденции в моделировании процессов, происходящих в природе.

3. Обзор существующих подходов к математическому моделированию экологических процессов: аналитические, стохастические, качественные, имитационные, статистические и др.

4. Применение математических моделей в экологии.

**Занятие 3. Экосистема как объект математического моделирования и сложная динамическая система (1 час.)** – семинарское занятие и устные сообщения

1. Экосистема как сложная природная система.

2. Методологические принципы и важность концепции иерархии уровней структурной организации в экологии.

3. Структура и функции природных систем.

**Занятие 4. Основные понятия теории систем (2 час.)**

1. Основные определения понятия «система»

2. Системный анализ – структура и этапы проведения.

3. Причинно-следственные связи. Положительная, отрицательная связь, циклы.

4. Потокосовые диаграммы. Примеры линейных, продукционных и S-образных процессов.

5. Подходы к классификации систем

6. Системный подход к изучению обменных процессов в биогеоценозах.

**Занятие 5. Модели динамики систем (2 час.)** – семинарское занятие и устные сообщения

1. Модели динамических процессов.

2. Статичные и динамичные модели.

3. Типы поведения систем во времени.

**Занятие 6. Практическое моделирование экологических процессов (1 час.)** – семинарское занятие и устные сообщения

Обзор математических методов, используемых в экологии.

1. Обзор методов математического анализа динамических процессов.

**Занятие 7. Модели геохимических круговоротов вещества (2 час.)** – семинарское занятие и устные сообщения

1. Математическое моделирование глобальных биогеохимических циклов: углерода, азота, серы, кальция, магния и др.

2. Биотические компоненты углеродного цикла.

**Занятие 8. Модели динамики численности популяции и конкурентных отношений (1 час).** – семинарское занятие и устные сообщения

1. Основное уравнение динамики численности популяции. Поведение модели при разных значениях параметров.

2. Логистическое уравнение динамики численности популяции. Дискретная и непрерывная формы. Запаздывание в системе.

3. Модель Вольтера (конкуренция по питанию).

**Занятие 9. Модели системы «хищник – жертва» (1 час.)** – семинарское занятие и устные сообщения

**Занятие 10. Составление моделей на основе использования современных программных средств и иллюстративной графики (4 час.)**

### **III. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ САМОСТОЯТЕЛЬНОЙ РАБОТЫ ОБУЧАЮЩИХСЯ**

Учебно-методическое обеспечение самостоятельной работы обучающихся по дисциплине «Экологическое моделирование» представлено в Приложении 1 и включает в себя:

- план-график выполнения самостоятельной работы по дисциплине, в том числе примерные нормы времени на выполнение по каждому заданию;
- характеристику заданий для самостоятельной работы обучающихся и методические рекомендации по их выполнению;
- требования к представлению и оформлению результатов самостоятельной работы;

- критерии оценки выполнения самостоятельной работы.

#### IV. КОНТРОЛЬ ДОСТИЖЕНИЯ ЦЕЛЕЙ КУРСА

№ п/п	Контролируемые разделы / темы дисциплины	Коды и этапы формирования компетенций	Оценочные средства - наименование		
			текущий контроль	промежуточная аттестация	
1	Общие понятия математического моделирования природных процессов. Математические модели: определение, виды. Метод математического моделирования и его место в экологии.	ОПК-1, ПК-2	<p><b>Знает</b> основные подходы к определению понятия моделирование</p> <p><b>Умеет</b> осваивать новые предметные области с применением информационно-коммуникационных технологий</p> <p><b>Владеет</b> основными понятиями моделирования.</p>	<p>Работа на семинарских занятиях, собеседование по темам практических занятий (УО-1).</p> <p>Конспектирование (ПР-7).</p>	<p>Вопросы экзамена 1, 2, 3, 5-12 (Приложение 2)</p>
2	Основные понятия теории систем. Общая постановка и виды задач принятия решений.	ОПК-1, ПК-2	<p><b>Знает</b> основные определения понятия система и ее особенности и принципы функционирования</p> <p><b>Умеет</b> осваивать новые предметные области</p> <p><b>Владеет</b> базовыми представлениями об теории биологических систем</p>	<p>Работа на семинарских занятиях, собеседование по темам практических занятий (УО-1).</p> <p>Конспектирование (ПР-7).</p>	<p>Вопросы экзамена 2, 3, 4 (Приложение 2)</p>
3	Практическое моделирование процессов в экосистемах. Возможные подходы к моделированию сложных динамических биологических и экологических систем.	ОПК-1, ПК-2	<p><b>Знает</b> современные методы обработки и представления информации;</p> <p><b>Умеет</b> решать задачи профессиональной деятельности на основе информационной и библиографической культуры с применением информационно-коммуникационных технологий;</p>	<p>Конспектирование (ПР-7).</p> <p>Подготовка и сдача реферата (ПР-4). Устные сообщения (УО-3).</p>	<p>Вопросы экзамена 5-19, (Приложение 2)</p>

			<b>Владеет</b> современными методами компьютерных технологий при сборе, хранении, обработке, анализе и передаче экологической информации.	
4	Обзор пакетов компьютерных программ для моделирования сложных биологических систем и экологических процессов.	ОПК-1, ПК-2	<p><b>Знает</b> основные принципы устройства и функционирования современных компьютерных технологий, применяемых в целях моделирования экологических процессов;</p> <p><b>Умеет</b> генерировать идеи и решать стандартные задачи профессиональной деятельности на основе информационной и библиографической культуры с применением информационно-коммуникационных технологий.</p> <p><b>Владеет</b> способностями самообразования</p>	<p>Подготовка и защита доклада-презентации (УО-3). Тестовая проверка (ТР-1)</p> <p>Вопросы экзамена 18-24 (Приложение 2)</p>
5	Составление экологических моделей на основе использования современных программных средств и иллюстративной графики	ОПК-1, ПК-2	<p><b>Знает</b> современные методы обработки информации;</p> <p><b>Умеет</b> применять современные компьютерные технологии для решения профессиональных и научных задач;</p> <p><b>Владеет</b> методами математического анализа и графического представления информации в области экологии и природопользования.</p>	<p>Выполнение творческих заданий по компьютерному практикуму (ПР-13)</p> <p>Сдача творческого задания. Вопросы экзамена 15, 18-23 (Приложение 2)</p>

Типовые тестовые проверочные задания, методические материалы, определяющие процедуры оценивания знаний, умений и навыков, а также критерии и показатели, необходимые для оценки знаний, умений, навыков и характеризующие этапы формирования компетенций в процессе освоения образовательной программы и вопросы к итоговой аттестации представлены в Приложении 2.

## **V. СПИСОК УЧЕБНОЙ ЛИТЕРАТУРЫ И ИНФОРМАЦИОННО-МЕТОДИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ**

### **Основная литература**

1. Гаспариан, М.С. Информационные системы и технологии [Электронный ресурс] : учебное пособие / М.С. Гаспариан, Г.Н. Лихачева. – Электрон. текстовые данные. – М. : Евразийский открытый институт, 2011. – 370 с. – Режим доступа: <http://www.iprbookshop.ru/10680> – ЭБС «IPRbooks», по паролю
2. Замятина, О.М. Моделирование систем: Учебное пособие / Замятина О.М. – Томск : Изд-во ТПУ, 2009. – 204 с. – Режим доступа: <http://window.edu.ru/library/pdf2txt/826/74826/54902>
3. Мешалкин, В.П. Основы информатизации и математического моделирования экологических систем [Электронный ресурс] : учебное пособие / В.П. Мешалкин, О.Б. Бутусов, А.Г. Гнаук. – М. : ИНФРА-М, 2010. – 357. – Режим доступа: <http://znanium.com/bookread.php?book=184099> – ЭБС znanium
4. Новоселов, А.Л. Модели и методы принятия решений в природопользовании: учеб. пособие для студентов вузов, обучающихся по специальности «Менеджмент организации» / Новоселов А.Л., Новоселова И.Ю. – М. : ЮНИТИ-ДАНА, 2012. – 383 с. – Режим доступа: <http://znanium.com/bookread.php?book=376626> – ЭБС znanium
5. Семакин, И.Г. Информационные системы и модели [Электронный ресурс] : методическое пособие / И.Г. Семакин, Е.К. Хеннер. – Электрон. текстовые данные. – М. : БИНОМ. Лаборатория знаний, 2012. – Режим доступа:

<http://www.iprbookshop.ru/6473> – ЭБС «IPRbooks», по паролю

6. Солнцев, Л.А. Геоинформационные системы как эффективный инструмент поддержки экологических исследований. Электронное учебно-методическое пособие / Л.А. Солнцев. – Нижний Новгород : Нижегородский госуниверситет, 2012. – 54 с. – Режим доступа: <http://window.edu.ru/resource/402/79402/files/Solntsev.pdf>

### Дополнительная литература

1. Бармасов, А.В. Курс общей физики для природопользователей / А.В. Бармасов, В.Е. Холмогоров. – СПб. : БХВ-Петербург, 2010. – 437 с. – Режим доступа: <http://znanium.com/bookread.php?book=350718> – ЭБС znanium

2. Бусленко, Н.П. Моделирование сложных систем / Н.П. Бусленко. – М. : Наука, 1978. – 399 с.

3. Вопросы географии. Сб. 127. Моделирование геосистем – М. : Мысль, 1986. – 214 с.

4. Горбылева, А.И. Почвоведение: Учебное пособие / А.И. Горбылева, В.Б. Воробьев, Е.И. Петровский. – М. : НИЦ Инфра-М, 2012. – Режим доступа: <http://znanium.com/bookread.php?book=306102> – ЭБС znanium

5. Григорьева, И.Ю. Геоэкология: Учебное пособие / И.Ю. Григорьева. – М. : НИЦ ИНФРА-М, 2013. – 270 с. – Режим доступа: <http://znanium.com/bookread.php?book=371993> – ЭБС znanium

6. Евсеев, А.М. Математическое моделирование химических равновесий / А.М. Евсеев, Л.С. Николаева. – М. : Изд-во Московского университета, 1988. – 192 с.

7. Исаев, Г.Н. Моделирование информационных ресурсов: теория и решение задач: учебное пособие / Г.Н. Исаев. – М. : Альфа-М: ИНФРА-М, 2010. – 224 с. – Режим доступа: <http://znanium.com/bookread.php?book=193771> – ЭБС znanium

8. Калиткин, Н.Н. Математические модели природы и общества / Н.Н. Калиткин, Н.В. Карпенко, А.П. Михайлов. – М. : Физмат, 2005. – 358 с.

9. Кондратьев, К.Я. Моделирование глобального круговорота углерода / К.Я. Кондратьев, В.Ф. Крапивин. – М. : Физматлит, 2004. – 336 с.
10. Лебедев, А.Н. Моделирование в научно-технических исследованиях / А.Н. Лебедев. – М. : Радио и связь, 1989. – 224 с.
11. Леонов, А.В. Моделирование природных процессов в водной среде. Теоретические основы учебное пособие для вузов / А.В. Леонов, В.М. Пищальник. – Южно-Сахалинск : Изд-во Сахалинского университета, 2012. – 227 с.
12. Леонов, А.В. Моделирование природных процессов: учебное пособие / А.В. Леонов, В.М. Пищальник, О.М. Зарипов. – Южно-Сахалинск : Изд-во Сахалинского университета, 2012. – 159 с.
13. Марчук, Г.И. Математическое моделирование в проблеме окружающей среды / Г.И. Марчук. – М. : Наука. 1982. – 320 с.
14. Математическое моделирование жизненных процессов. – М. : Мысль, 1968. – 284 с.
15. Мешалкин, В.П. Основы информатизации и математического моделирования экологических систем: Учебное пособие / Мешалкин В.П., О.Б. Бутусов, А.Г. Гнаук. – М. : ИНФРА-М, 2010. – 357 с. – Режим доступа: <http://znanium.com/bookread.php?book=184099> – ЭБС znanium
16. Моделирование систем и процессов, 2013, №3 // Моделирование систем и процессов, №3, 2013. – Режим доступа: <http://znanium.com/bookread.php?book=466585> – ЭБС znanium
17. Савин, Г.И. Системное моделирование сложных процессов / Г.И. Савин. – Москва : ФАЗИС, 2000. – 275 с.
18. Советов, Б.Я. Моделирование систем. Учебник / Б.Я. Советов, С.А. Яковлев. – М. : Высшая школа, 2001. – 343 с.
19. Тарко, А.М. Антропогенные изменения глобальных биосферных процессов. Математическое моделирование / А.М. Тарко. – М. : Физматлит, 2005. – 232 с.
20. Тикунов, В.С. Моделирование в картографии. Учебник для вузов / В.С.

Тикунов. – М. : Изд-во Московского университета, 1997. – 404 с.

21. Флеминг, Б. Моделирование растений и насекомых / Б. Флеминг– М. : ДМК Пресс, 2002. – 320 с.

### **Перечень ресурсов информационно-телекоммуникационной сети «Интернет»**

1. Журнал «Математическое моделирование». Академиздатцентр «Наука». URL: [http://www.mathnet.ru/php/journal.phtml?jrnid=mm&option\\_lang=rus](http://www.mathnet.ru/php/journal.phtml?jrnid=mm&option_lang=rus) (Дата обращения: 13.09.2019)

2. Мониторинг лесов с помощью средств ГИС. URL: <http://www.forestsmonitor.org>. (Дата обращения: 13.09.2019)

3. Телематика. Материалы научно-практических конференций по ГИС. URL: <http://tm.ifmo.ru/tm2003/>. (Дата обращения: 13.09.2019)

4. Экология и природопользование. Математические модели почвенных процессов. URL: <http://www.ecologynatural.ru/enat-190.html> (Дата обращения: 13.09.2019)

### **Перечень программного обеспечения**

1. STELLA 9.\*

2. STATISTICA

## **VI. МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ ПО ОСВОЕНИЮ ДИСЦИПЛИНЫ**

Цель практических занятий, проводимых по дисциплине «Экологическое моделирование», – углубление и закрепление теоретических знаний, полученных студентами в процессе самостоятельного изучения материала, а также совершенствования практических навыков представления пространственных экологических данных в виде карт для принятия более обоснованных решений в области экологии и рациональном природопользовании.

Успеху проведения практических занятий способствует тщательная предварительная подготовка к ним студентов. Необходимо ознакомиться с заданием к практическому занятию; выделить вопросы, упражнения и задачи,



ответы на которые или выполнение которых без предварительной подготовки невозможны; ознакомиться с перечнем литературных источников, рекомендуемых для изучения.

Занятия проводятся в лаборатории кафедры. Разрешается использовать на занятиях записи с ответами на вопросы, литературные источники.

На практических занятиях обучающиеся должны уметь четко и ясно формулировать ответы на предложенные темы, свободно ориентироваться в учебной и научной литературе, предлагаемой преподавателем для более широкого раскрытия пройденного материала, готовить доклады по избранным направлениям с целью более глубокого изучения конкретной темы.

### **Методические указания по конспектированию**

1. Конспект представляет собой систематическую, логическую запись, сжатое изложение прочитанного, содержащее основную мысль автора, которая не должна быть искажена в процессе записи.

2. При конспектировании необходимо систематизировать прочитанное по разделам, представляющим собой единую систему мыслей автор в конкретном контексте повествования.

3. При записи текста рекомендуется применять выделение основных смысловых единиц при помощи различных средств: цвет, шрифт, символ, подчеркивание, собственная система условных обозначений.

### **Методические указания по работе с литературными источниками**

При подборе и аннотировании литературы по заданной проблеме можно использовать таблицу (табл. 2), позволяющую систематизировать данные о теоретическом источнике и сцентрировать внимание на основных его вопросах.

Таблица 2 - Схема описания литературного источника

Автор	Название источника, выходные данные	Основная проблема	Основные положения

## **Методические указания по выполнению реферата**

Реферат – это продукт самостоятельной работы обучающегося, представляющий собой краткое изложение в письменном виде полученных результатов теоретического анализа определенной темы, где автор раскрывает суть исследуемой проблемы, приводит различные точки зрения, а также собственные взгляды на нее. Реферат должен быть результатом обобщенного анализа и синтеза практических и литературных материалов, а не компиляцией выписок из литературных источников. Реферат представляет собой краткое изложение проблемы практического или теоретического характера с формулировкой определенных выводов по рассматриваемой теме. Избранная студентом проблема изучается и анализируется на основе одного или нескольких источников.

**Требования к содержанию реферата.** Структура реферата должна способствовать раскрытию избранной темы. Структурно реферат в обязательном порядке должен включать: титульный лист, оглавление, введение, основную теоретическую часть, по необходимости разделенную на более частные параграфы, заключение, содержащее выводы по итогам рассмотрения проблемы, библиографический список.

Титульный лист является первой страницей реферата и заполняется по строго определённым правилам.

В оглавлении указываются заголовки глав и параграфов, включенных в работу, с указанием их страниц. Оглавлением (содержанием) называют часть текстовой работы, носящую справочный, вспомогательный характер. Оглавление выполняет две функции: даёт представление о тематическом содержании работы и её структуре, а также помогает читателю быстро найти в тексте нужное место. Следует различать термины «оглавление» и «содержание». Термин «оглавление» применяется в качестве указателя частей, рубрик работы, связанных по содержанию между собой. Термин «содержание» применяется в тех случаях, когда работа содержит несколько не связанных

между собой научных трудов одного или нескольких авторов. В реферате необходимо использовать заголовок «оглавление». Оглавление размещается сразу после титульного листа, где приводятся все заголовки работы и указываются страницы, на которых они помещены.

Название заголовков глав, подглав и пунктов в оглавлении перечисляются в той же последовательности и в тех же формулировках, что и в тексте работы. Сокращать или давать их в другой формулировке, последовательности по сравнению с заголовками в тексте нельзя. Заголовки глав и пунктов не должны сливаться с цифрами, указывающими страницы размещения соответствующих частей. Заголовки одинаковых ступеней рубрикации необходимо располагать друг под другом, а заголовки последующей ступени смещают на три – пять знаков вправо по отношению к заголовкам предыдущей ступени. Оглавление реферата помещают на листе, следующим за титульным листом, и включают в общее количество листов реферата.

Во введении обосновываются актуальность выбранной темы, дается характеристика современного состояния проблемы, формулируется цель работы. Из примерного объёма работы введение обычно занимает 10-15% (1-3 листа).

Основная часть должна включать теоретическую часть, где студентом должна быть проведена аналитическая работа по представленности информации в науке по выбранной проблеме дисциплины. Содержание основной части должно раскрывать поставленные во введении проблемы и вопросы. При необходимости текст реферата может дополняться иллюстрациями, таблицами, графиками, но ими не следует "перегружать" текст.

Следует правильно понимать сущность метода теоретического анализа и не сводить весь реферат к переписыванию целых страниц из двух-трёх источников. Чтобы работа не граничила с плагиатом, серьёзные теоретические и практические положения необходимо давать со ссылкой на источник. Причём это не должен быть учебник по данной дисциплине. Написание реферата

предполагает более глубокое изучение избранной темы, нежели она раскрывается в учебной литературе.

В заключении обобщаются результаты теоретического анализа. Эта часть является как бы концовкой, в которой даётся последовательное, логически стройное изложение полученных итогов и их соотношения с общей целью и конкретными задачами, поставленными и сформулированными во введении.

После заключения помещается список литературы, который должен быть составлен в соответствии с установленными требованиями. В библиографическом списке указываются как те источники, на которые ссылается студент при подготовке реферата, так и иные, которые были изучены им при подготовке реферата.

Различного рода вспомогательные или дополнительные материалы помещают в приложении. По форме они могут представлять собой таблицы, графики, рисунки, карты, тесты. Каждое приложение должно начинаться с новой страницы (листа) с указанием в правом верхнем углу слова «Приложение» и иметь заголовок. Если в работе несколько приложений, то они нумеруются арабскими цифрами без значка №.

**Требования к оформлению реферата.** В общем виде объем реферата составляет 10-15 страниц печатного текста, но не должен превышать 15 страниц, набранным шрифтом размером 14 pt с полуторным межстрочным интервалом.

Страницы текста должны иметь поля: слева – 3.0 см, справа – 1.5 см, сверху – 2.0 см, снизу – 2.0 см. Абзацный отступ от начала строки равен 1.25 см.

Все страницы работы нумеруются по порядку от титульного листа до последней страницы текста (титульный лист не нумеруется).

**Оформление текстового материала.** Текст основной части делится на параграфы. Каждый параграф оформляется с нового листа, подразделы выделяются, но оформляются в продолжение начатого листа.

Заголовки глав печатаются заглавными буквами, а параграфов –

строчными, кроме первой прописной. Переносы слов в заголовках не допускаются. Точку в конце заголовков не ставят. Расстояние между заголовками и текстом должно быть 3-4 интервала.

**Оформление иллюстративного материала.** При оформлении реферата может использоваться иллюстративный материал, который может быть представлен в виде рисунков, схем, таблиц, графиков, диаграмм. На каждую единицу иллюстративного материала должна быть хотя бы одна ссылка в тексте.

Все иллюстрации, кроме таблиц (схемы, графики, диаграммы и т.д.), обозначаются словом «Рис.» и нумеруются последовательно арабскими цифрами в пределах раздела или сквозной нумерацией для всего текста. У каждого рисунка должна быть подрисовочная подпись. Номер и наименование рисунка записываются в строчку под его изображением посередине страницы без значка №.

Цифровой материал, как правило, оформляется в виде таблиц. Каждая таблица также должна иметь заголовки и номер. Таблицы следует размещать сразу после ссылки на них в тексте. Таблицы последовательно нумеруются арабскими цифрами без значка № в пределах всей работы или главы. Над правым верхним углом таблицы помещают надпись, например «Таблица 2». Ниже посередине страницы должен быть помещен тематический заголовок. Строки таблицы нумеруются только при переносе таблицы на другую страницу. Так же при переносе таблицы следует переносить ее шапку на каждую страницу. Тематический заголовок таблицы переносить не следует, однако над ее правым верхним углом необходимо указывать номер таблицы после слова «Продолжение». Например: «Продолжение таблицы 2».

Столбцы таблицы нумеруются в том случае, если она не умещается по ширине на странице.

**Оформление библиографических ссылок.** Ссылки по тексту даются с указанием автора и года издания работы. При использовании цитат, цифровых данных или таблиц необходимо оформлять ссылку либо, используя квадратные

скобки, в которых указывается порядковый номер литературного источника доклада. Список литературы дается нумерованным алфавитным списком: сначала источники на русском языке, затем – на иностранных. Список адресов серверов Internet указывается после литературных источников. Список литературы оформляется по ГОСТу, с полным наименованием книги или статьи и количественной характеристикой источников (для книги – общее количество страниц, для статьи или главы – страницы, на которых она помещена).

**Порядок сдачи реферата и его оценка.** Работа должна быть сброшюрована и сдается преподавателю, ведущему дисциплину. По результатам проверки студенту выставляется определенное количество баллов, которое входит в общее количество баллов студента, набранных им в течение триместра. При оценке реферата учитываются соответствие содержания выбранной теме, четкость структуры работы, умение работать с научной литературой, умение ставить проблему и анализировать ее, умение логически мыслить, владение профессиональной терминологией, грамотность оформления.

### **Методические указания по подготовке доклада**

Доклад представляет собой обобщенное, сжатое изложение информации по той или иной узкой проблеме дисциплины. Его цели и задачи:

- закрепление и углубление знаний по одному из вопросов изучаемого курса;
- приобретение опыта научно-теоретической работы;
- развития умения делать выводы и обобщения, четко и логично излагать свои мысли;
- проверка знаний студента.

### **Методические рекомендации для подготовки презентаций**

- презентация не должна быть меньше 10 слайдов;

- первый лист – это титульный лист, на котором обязательно должны быть представлены: название проекта; фамилия, имя, отчество автора;
- следующим слайдом должно быть содержание, где представлены основные этапы (моменты) презентации;
- дизайн-эргономические требования: сочетаемость цветов, ограниченное количество объектов на слайде, цвет текста;
- последними слайдами презентации должны быть глоссарий и список литературы.

### **Методические указания к составлению глоссария**

Глоссарий охватывает все узкоспециализированные термины, встречающиеся в тексте. Глоссарий должен содержать термины, перечисленные по мере встреч в ходе выполнения практических работ. Глоссарии могут содержать отдельные слова, фразы, аббревиатуры, слоганы и даже целые предложения. Глоссарий должен быть представлен в рукописном виде.

## **VII. МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ**

Практические занятия должны проводиться в специализированной аудитории, оснащенной проектором с видеотерминала персонального компьютера на настенный экран.

Практические работы должны выполняться в специализированных лабораториях, оснащенных современными персональными компьютерами и программным обеспечением в соответствии с тематикой изучаемого материала.

Число рабочих мест в классах должно обеспечивать индивидуальная работа студента на отдельном персональном компьютере.

## VIII. ФОНДЫ ОЦЕНОЧНЫХ СРЕДСТВ

### Паспорт ФОС

Формирование профессиональных (ПК) и общепрофессиональных (ОПК) компетенций при изучении дисциплины «Экологическое моделирование»

Код и формулировка компетенции	Этапы формирования компетенции	
ОПК-1 - владение 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	Знает	- современные методы обработки информации; фундаментальные разделы экологии и информатики;
	Умеет	- пользоваться современными компьютерными технологиями, используемыми при сборе, хранении, обработке, анализе и передаче экологической информации;
	Владеет	- методами математического анализа и представления информации в области экологии и природопользования
ПК-2 - 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, выявления источники, виды и масштабы техногенного воздействия.	Знает	- теоретические основы общей экологии, геоэкологии, экологии человека, социальной экологии, охраны окружающей среды; - основы математического анализа и основные методы количественной оценки экологических объектов; - современные компьютерные технологии, используемые при сборе, хранении, обработке, анализе и передаче информации;
	Умеет	- решать задачи профессиональной деятельности на основе информационной и библиографической культуры с применением информационно-коммуникационных технологий;
	Владеет	- знаниями об основах природопользования, экономики природопользования, устойчивого развития, оценки воздействия на окружающую среду, правовых основ природопользования и охраны окружающей среды; - современными методами компьютерных технологий при сборе, хранении, обработке, анализе и передаче экологической информации.

### Контроль достижений целей курса «Экологическое моделирование»

№ п/п	Контролируемые разделы / темы дисциплины	Коды и этапы формирования компетенций	Оценочные средства - наименование	
			текущий контроль	промежуточная аттестация
1	Общие понятия	ОПК-1, Знает основные подходы	Работа на	Вопросы



	математического моделирования природных процессов. Математические модели: определение, виды. Метод математического моделирования и его место в экологии.	ПК-2	к определению понятия моделирование <b>Умеет</b> осваивать новые предметные области с применением информационно-коммуникационных технологий <b>Владеет</b> основными понятиями моделирования.	семинарских занятиях, собеседовани е по темам практических занятий (УО-1). Конспектиро вание (ПР-7).	экзамена 1, 2, 3, 5-12 (Приложе ние 2)
2	Основные понятия теории систем. Общая постановка и виды задач принятия решений.	ОПК-1, ПК-2	<b>Знает</b> основные определения понятия система и ее особенности и принципы функционирования <b>Умеет</b> осваивать новые предметные области <b>Владеет</b> базовыми представлениями об теории биологических систем	Работа на семинарских занятиях, собеседовани е по темам практических занятий (УО-1). Конспектиро вание (ПР-7).	Вопросы экзамена 2, 3, 4 (Приложе ние 2)
3	Практическое моделирование процессов в экосистемах. Возможные подходы к моделированию сложных динамических биологических и экологических систем.	ОПК-1, ПК-2	<b>Знает</b> современные методы обработки и представления информации; <b>Умеет</b> решать задачи профессиональной деятельности на основе информационной и библиографической культуры с применением информационно-коммуникационных технологий; <b>Владеет</b> современными методами компьютерных технологий при сборе, хранении, обработке, анализе и передаче экологической информации.	Конспектиро вание (ПР-7). Подготовка и сдача реферата (ПР-4). Устные сообщения (УО-3).	Вопросы экзамена 5-19, (Приложе ние 2)
4	Обзор пакетов компьютерных программ для моделирования сложных биологических систем	ОПК-1, ПК-2	<b>Знает</b> основные принципы устройства и функционирования современных компьютерных технологий,	Подготовка и защита доклада-презентации (УО-3). Тестовая	Вопросы экзамена 18-24 (Приложе ние 2)

	и экологических процессов.		применяемых в целях моделирования экологических процессов;	проверка (ТР-1)	
			<b>Умеет</b> генерировать идеи и решать стандартные задачи профессиональной деятельности на основе информационной и библиографической культуры с применением информационно-коммуникационных технологий.		
			<b>Владеет</b> способностями самообразования		
5	Составление экологических моделей на основе использования современных программных средств и иллюстративной графики	ОПК-1, ПК-2	<b>Знает</b> современные методы обработки информации;	Выполнение творческих заданий по компьютерному практикуму (ПР-13)	Сдача творческого задания. Вопросы экзамена 15, 18-23 (Приложение 2)
		<b>Умеет</b> применять современные компьютерные технологии для решения профессиональных и научных задач;			
		<b>Владеет</b> методами математического анализа и графического представления информации в области экологии и природопользования.			

### Шкала оценивания уровня сформированности компетенций

Код и формулировка компетенции	Этапы формирования компетенции	критерии	показатели
ОПК-1 - владение базовыми знаниями в области фундаментальных разделов математики	знает (пороговый уровень)	- современные методы обработки информации; фундаментальные разделы экологии и информатики;	Способность сформулировать современные методы обработки информации и фундаментальные разделы экологии и информатики

<p>объеме, необходимом для владения математическим аппаратом экологических наук, обработки информации и анализа данных по экологии и природопользованию</p>	<p>умеет (продвинутый)</p>	<p>- пользоваться современными компьютерными технологиями, используемыми при сборе, хранении, обработке, анализе и передаче экологической информации;</p>	<p>Использование современных компьютерных технологий, используемых при сборе, хранении, обработке, анализе и передаче экологической информации</p>	<p>Способность пользоваться современными компьютерными технологиями, используемыми при сборе, хранении, обработке, анализе и передаче экологической информации</p>
	<p>владеет (высокий)</p>	<p>- методами математического анализа и графического представления информации в области экологии и природопользования</p>	<p>Владение методами математического анализа и графического представления информации в области экологии и природопользования</p>	<p>Демонстрирует профессиональные навыки владения методами математического анализа и графического представления информации в области экологии и природопользования</p>
<p>ПК-2 - 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</p>	<p>знает (пороговый уровень)</p>	<p>- теоретические основы общей экологии, геоэкологии, экологии человека, социальной экологии, охраны окружающей среды; - основы математического анализа и основные методы количественной оценки экологических объектов; - современные компьютерные технологии, используемые при сборе,</p>	<p>Знание теоретических основ общей экологии, геоэкологии, экологии человека, социальной экологии, охраны окружающей среды; основ математического анализа и основные методы количественной оценки экологических объектов; современных компьютерных технологий, используемых при сборе, хранении, обработке, анализе и</p>	<p>Демонстрирует знания теоретических основ общей экологии, геоэкологии, экологии человека, социальной экологии, охраны окружающей среды; основ математического анализа и основных методов количественной оценки экологических объектов; основ современных компьютерных технологий, используемых при сборе, хранении, обработке,</p>

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.		хранении, обработке, анализе и передаче информации;	передаче информации	анализе и передаче информации
	умеет (продвинутой)	- решать задачи профессиональной деятельности на основе информационной и библиографической культуры с применением информационно-коммуникационных технологий;	Применение способностей решать задачи профессиональной деятельности на основе информационной и библиографической культуры с применением информационно-коммуникационных технологий в профессиональной деятельности	Использование в собственной ВКР способностей решать задачи профессиональной деятельности на основе информационной и библиографической культуры с применением информационно-коммуникационных технологий
	владеет (высокий)	- знаниями об основах природопользования, экономики природопользования, устойчивого развития, оценки воздействия на окружающую среду, правовых основ природопользования и охраны окружающей среды; - современными методами компьютерных технологий при сборе, хранении, обработке, анализе и передаче экологической информации	Владение необходимыми знаниями об основах природопользования, экономики природопользования, устойчивого развития, оценки воздействия на окружающую среду, правовых основ природопользования и охраны окружающей среды; современными методами компьютерных технологий при сборе, хранении, обработке, анализе и передаче экологической информации	Демонстрация владения при подготовке ВКР знаниями об основах природопользования, экономики природопользования, устойчивого развития, оценки воздействия на окружающую среду, правовых основ природопользования и охраны окружающей среды; современными методами компьютерных технологий при сборе, хранении, обработке, анализе и передаче экологической информации

## **Методические рекомендации, определяющие процедуры оценивания результатов освоения дисциплины**

### **I. Текущая аттестация студентов**

Текущая аттестация студентов по дисциплине проводится в соответствии с локальными нормативными актами ДВФУ и является обязательной.

#### **Примерный перечень оценочных средств (ОС)**

##### **Устный опрос**

1. **Собеседование** (УО-1) – средство контроля, организованное как специальная беседа преподавателя с обучающимся на темы, связанные с изучаемой дисциплиной, и рассчитанное на выяснение объема знаний обучающегося по определенному разделу, теме, проблеме и т.п. – проводится по вопросам тем практических семинарских занятий.

2. **Доклад, сообщение** (УО-3) – продукт самостоятельной работы учащегося, представляющий собой публичное выступление по представлению полученных результатов решения определенной учебно-практической, учебно-исследовательской или научной темы – темы докладов приводятся ниже.

##### **Письменные работы**

3. **Реферат** (ПР-4) – продукт самостоятельной работы обучающегося, представляющий собой краткое изложение в письменном виде полученных результатов теоретического анализа определенной научной (учебно-исследовательской) темы, где автор раскрывает суть исследуемой проблемы, приводит различные точки зрения, а также собственные взгляды на нее – темы рефератов приводятся ниже.

4. **Конспект** (ПР-7) – продукт самостоятельной работы обучающегося, отражающий основные идеи заслушанной лекции, сообщения – по разделам дисциплины.

5. **Творческое задание** (ПР-13) – частично регламентированное задание, имеющее нестандартное решение и позволяющее наглядно демонстрировать умения, интегрировать знания различных областей, аргументировать собственную точку зрения – проводится в виде компьютерного практикума.

Текущий контроль знаний осуществляется посредством тестовых и письменных проверочных работ, а также в ходе работы на семинарских занятиях.

В течение семестра текущие баллы, набранные студентами за посещаемость, работу на практических занятиях, доклады и проверочные работы выставляются в электронной системе учета успеваемости на портале ДВФУ.

#### **Темы рефератов (ПР-4):**

1. Математическое моделирование биогеохимических циклов.
2. Модели малых круговоротов вещества и энергии
3. Математическое моделирование биологического круговорота углерода.
4. Математическое моделирование взаимодействия почвы и среды.
5. Математическое моделирование переноса тепла под действием колебаний атмосферных условий.
6. Математическое моделирование продуктивности агроэкосистем.
7. Модели агробиоценоза. Создание и поддержание искусственной экосистемы.
8. Модели биологического метода борьбы с нежелательными видами.  
Модели эпидемии
9. Модели глобальных круговоротов веществ
10. Модели динамики биологических систем
11. Модели для оценки и прогноза состояния и уровня гидросферы.  
Конструирование модели грунтовых вод
12. Модели оценки и прогноза загрязнения атмосферы промышленными выбросами
13. Модели оценки нарушения и прогноза загрязнения литосферы
14. Модели структур биологических систем
15. Модели структуры и динамики популяции. Модели динамики возрастных групп в популяции

16. Моделирование взаимодействующих видов (модели конкуренции, паразитизма, хищничества и др.)
17. Моделирование процессов миграции радиоизотопов в ландшафтах.
18. Моделирование роста населения.
19. Модель баланса вещества и энергии
20. Общепланетарная модель педогенеза.
21. Оценка состояния окружающей среды с использованием модельных биоиндикаторов

### **Темы докладов-презентаций (УО-3):**

Примеры прикладных программных комплексов и компьютерных программ, используемых для целей математического моделирования экологических процессов и явлений:

1. биогеохимических циклов;
2. малых круговоротов вещества и энергии;
3. биологического круговорота веществ;
4. взаимодействия почвы и среды;
5. переноса тепла под действием колебаний атмосферных условий;
6. продуктивности экосистем;
7. создание и поддержание искусственной экосистемы;
8. биологического метода борьбы с нежелательными видами;
9. эпидемии;
10. динамики биологических систем;
11. оценки и прогноза состояния и уровня гидросферы;
12. конструирование модели грунтовых вод;
13. оценки и прогноза загрязнения атмосферы промышленными выбросами;
14. оценки нарушения и прогноза загрязнения литосферы;
15. структур биологических систем;
16. структуры и динамики популяции;
17. динамики возрастных групп в популяции;

18. взаимодействующих видов (модели конкуренции, паразитизма, хищничества и др.);
19. процессов миграции радиоизотопов в ландшафтах;
20. роста населения;
21. биоиндикации.

### **Примерные критерии оценивания для разных ОС**

#### **Критерии оценки реферата и устного доклада, выполненного в форме презентации:**

100-86 баллов - выставляется студенту, если студент выразил своё мнение по сформулированной проблеме, аргументировал его, точно определив ее содержание и составляющие. Студент знает и владеет навыком самостоятельной исследовательской работы по теме исследования; методами и приемами анализа теоретических аспектов изучаемой области. Графически работа оформлена правильно.

85-76 баллов - работа характеризуется смысловой цельностью, связностью и последовательностью изложения; допущены незначительные ошибки при объяснении смысла или содержания проблемы. Продемонстрированы исследовательские умения и навыки. Фактических ошибок, связанных с пониманием проблемы, нет. Допущены одна-две ошибки в оформлении работы.

75-61 балл - студент проводит достаточно самостоятельный анализ основных этапов и смысловых составляющих проблемы; понимает базовые основы и теоретическое обоснование выбранной темы. Допущены ошибки в смысле или содержании проблемы, оформлении работы.

60-50 баллов - если работа представляет собой пересказанный или полностью переписанный исходный текст без каких бы то ни было комментариев, анализа. Не раскрыта структура и теоретическая составляющая темы. Допущены значительные ошибки в смысловом содержании раскрываемой проблемы и в оформлении работы.



## II. Промежуточная аттестация студентов

Оценочные средства для текущего контроля успеваемости – работа на семинарах и выполнение практических работ, промежуточная аттестация - по итогам освоения дисциплины на основе рейтинг-системы, итоговая аттестация по дисциплине производится на основе тестирования, а повторная аттестация - в форме устной сдачи зачета по вопросам.

Контроль достижений цели курса осуществляется на основе текущей проверки знаний по шкале рейтинг-оценки знаний студентов: менее и 60% – «неудовлетворительно», 61-75 % – «удовлетворительно», 76-85 % – «хорошо», 86 и более процентов – «отлично».

Промежуточная аттестация студентов по дисциплине проводится в соответствии с локальными нормативными актами ДВФУ и является обязательной.

К аттестации по дисциплине допускаются студенты, выполнившие все практические работы и защитившие рефераты.

### Примерный перечень оценочных средств (ОС)

1. **Тест (ПР-1)** – система стандартизированных заданий, позволяющая автоматизировать процедуру измерения уровня знаний и умений обучающегося.

2. **Экзамен** – вопросы к экзамену, образцы билетов.

### Типовые тестовые задания (ПР-1) для текущей проверки знаний по дисциплине (фрагмент)

Допишите или дайте определение:

1. \_\_\_\_\_ математические модели создаются в результате проведения экспериментов и обработки их результатов методами математической статистики.
2. Для нормального функционирования объектов \_\_\_\_\_ уровня необходимо, чтобы успешно действовали объекты более \_\_\_\_\_ уровня, но не наоборот.
3. Принцип инвариантности модели заключается в том, что \_\_\_\_\_.
4. Качественная структура модели описывает \_\_\_\_\_.
5. Модель – это \_\_\_\_\_.

**Обведите кружком номер правильного ответа!**

6. Сложность моделирования действия ОС на организм обусловлена, прежде всего, ее
- 1) иерархичностью
  - 3) полифакторностью

- 2) незамкнутостью                      4) инерционностью

7. Процесс моделирования включает стадии

- 1) формализации, моделирования и интерпретации
- 2) формулирования проблемы, формализации, моделирования и интерпретации
- 3) формулирования проблемы, разработки модели, формализации, моделирования и интерпретации

8. Стадия непосредственной разработки модели заключается в

- 1) логико-математическом описании моделируемой системы в соответствии с формулируемой проблемой
- 2) описании проблемы и целей моделирования
- 3) определении коэффициентов уравнений

9. Деловая игра – это модель

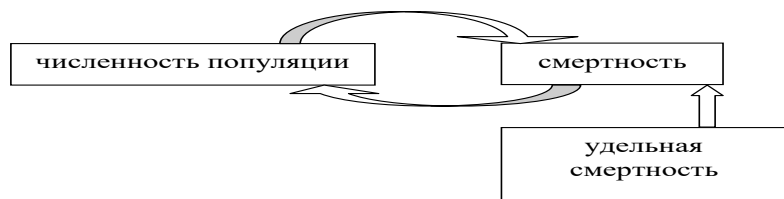
- 1) аналитическая                      3) имитационная
- 2) стохастическая                      4) эмпирическая

10. Чтобы обратная связь в диаграмме была положительной, число «-» связей в ней должно быть

- 1) четным                                      3) равным числу положительных связей
- 2) нечетным                                      4) меньше числа положительных связей

11. Система на приведенной схеме содержит обратную связь

- 1) положительную
- 2) отрицательную
- 3) нейтральную
- 4) не содержит



12. Смысл запаса заложен в категории

- 1) фонда                                      3) информационной связи
- 2) потока                                      4) преобразователя

13. Смысл скорости заложен в категории

- 1) фонда                                      3) информационной связи
- 2) потока                                      4) преобразователя

14. Коэффициент естественной гибели травоядных животных зависит от

- 1) численности хищников                      3) промысла человека
- 2) численности травоядных                      4) биомассы растений

15. Для прогноза численности популяции уравнение Мальтуса можно использовать на промежутке времени

- 1) бесконечном                                      3) коротком
- 2) достаточно длительном                      4) определенном

16. Логистическое уравнение динамики численности популяции носит имя

- 1) Мальтуса                                      3) Ферхюльста-Перла
- 2) Вольтерра                                      4) Орли

17. В логистическом уравнении динамики численности популяции **K** называется точкой

- 1) равновесия                      3) оптимума  
2) минимума                      4) максимума

18. Популяция находится в стабильном состоянии при  $\varepsilon$

- 1)  $>0$                       4)  $>1$   
2)  $<0$                       5)  $<1$   
3)  $=0$                       6)  $=1$

19. В модели Вольтерра чувствительность вида к недостатку пищи характеризует коэффициент

- 1)  $\alpha$                       3)  $\gamma$   
2)  $\beta$                       4)  $\varepsilon$

20. Если удельная скорость прироста в основном уравнении динамики численности популяции постоянна, то уравнение носит имя

- 1) Лесли                      3) Вольтера  
2) Мальтуса                      4) Ферхюльста-Перла

21. В логистическом уравнении динамики численности популяции параметр  $\beta$  называется

- 1) коэффициентом смертности                      3) емкостью среды  
2) коэффициентом самоотравления                      4) специфическим коэффициентом роста

22. Основное уравнение динамики численности популяции

- 1)  $x(t + \Delta t) = x(t) + B - D$   
2)  $x(t + \Delta t) = x(t) + (\alpha - \beta) \cdot x(t) \cdot \Delta t$   
3)  $\frac{dx}{dt} = \varepsilon \cdot x$

23. Скорости изменения численности вида в модели Вольтерра обращаются в ноль

- 1) в области, лежащей выше графика                      3) в точках графика на оси  $OX$   
2) в точках графика на оси  $OY$                       4) в области, лежащей ниже графика

24. В модели Вольтерра первый вид вымрет когда

- 1)  $\frac{\varepsilon_1}{\alpha_1} > \frac{\varepsilon_2}{\alpha_2}$                       2)  $\frac{\varepsilon_1}{\alpha_1} < \frac{\varepsilon_2}{\alpha_2}$

25. При увеличении численности природной популяции скорость ее возобновления

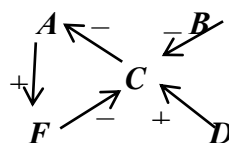
- 1) убывает                      3) не меняется  
2) возрастает                      4) стабилизируется

**ОБВЕДИТЕ КРУЖКАМИ НОМЕРА ПРАВИЛЬНЫХ ОТВЕТОВ!**

26. Требования, предъявляемые к математическим моделям

- 1) неопределенность                      4) экономичность  
2) универсальность                      5) вычислимость  
3) точность                      6) наглядность

27. Правильные утверждения по диаграмме



- 1)  $A$  – внутренняя переменная                      4) это положительная петля обратной связи  
2)  $A$  – внешняя переменная                      5) это отрицательная петля обратной связи



- \_\_\_ формулирование проблемы
- \_\_\_ формализация модели
- \_\_\_ разработка концептуальной модели
- \_\_\_ параметрическая идентификация
- \_\_\_ верификация работы модели

35. Вывод основного уравнения динамики численности популяции

- \_\_\_ ввести понятие удельной скорости прироста
- \_\_\_ перейти к пределу при  $\Delta t \rightarrow 0$
- \_\_\_ получить непрерывную модель
- \_\_\_ найти наращенное значение численности за период  $(t + \Delta t)$
- \_\_\_ определить линейные функции прироста рождаемости и смертности
- \_\_\_ зафиксировать момент времени  $t$  и дать ему приращение  $\Delta t$
- \_\_\_ определить среднюю скорость изменения численности за период  $\Delta t$

### **НАРИСУЙТЕ!**

36. Элементарная диаграмма продукционного процесса имеет вид

### **Вопросы к экзамену**

1. Понятие математического моделирования: цели, уровни, назначение, примеры.
2. Моделирование как основной метод познания сложных природных систем.
3. Экосистема как объект математического моделирования и сложная динамическая система.
4. Принципы системности моделирования экологических объектов.
5. Модели: подходы к классификации. Основные виды моделей, используемых в экологии.
6. Обзор существующих подходов к математическому моделированию экологических процессов.
7. Виды моделей по способу представления свойств объекта (аналитические, алгоритмические, имитационные).
8. Виды моделей по форме представления систем (физические, иконографические, эколого-математические и др.).
9. Типы поведения систем во времени. Динамические и статические модели.

10. Независимые тенденции в моделировании. Использование метода Монте-Карло в моделировании.
11. Общие свойства моделей. Требования, предъявляемые к математическим моделям.
12. Назначение математического моделирования систем. Примеры.
13. Стадии разработки модели и основные этапы моделирования.
14. Общая схема изучения сложных динамических систем методом математического моделирования.
15. Этапы моделирования: параметрическая идентификация и математическая формализация.
16. Элементы теории подобия, применяемые в моделировании.
17. Причинно-следственные связи: положительная и отрицательная связи, циклы.
18. Поточковые диаграммы. Фонды и потоки, примеры. Примеры некоторых процессов.
19. Продукционный и линейный процесс, S-образный рост. Примеры.
20. Основное уравнение динамики численности популяции. Поведение модели при разных значениях параметров.
21. Логистическое уравнение динамики численности популяции. Дискретная и непрерывная формы. Запаздывание в системе.
22. Модель Вольтера (конкуренция по питанию).
23. Модели системы «хищник – жертва». Типы трофических функций.
24. Применение математических моделей в экологии.

**Образцы экзаменационных билетов**  
**МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ**  
**Федеральное государственное автономное образовательное учреждение**  
**высшего образования**  
**«Дальневосточный федеральный университет»**  
**Школа естественных наук**

ООП 05.03.06 – Экология и природопользование  
шифр, название направления подготовки

Дисциплина Экологическое моделирование

Форма обучения очная

Семестр 8 2022-2023 учебного года

Реализующая кафедра: Экологии

**Экзаменационный билет № 1**

1. Понятие математического моделирования и модели: цели, уровни, назначение, примеры. Особенности модели
2. Основное уравнение динамики численности популяции. Поведение модели при разных значениях параметров.

Зав. кафедрой \_\_\_\_\_  
М.П. (школы)

**МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ**  
**Федеральное государственное автономное образовательное учреждение**  
**высшего образования**

**«Дальневосточный федеральный университет»**

**Школа естественных наук**

ООП 05.03.06 – Экология и природопользование

шифр, название направления подготовки

Дисциплина Экологическое моделирование

Форма обучения очная

Семестр 8 2022-2023 учебного года

Реализующая кафедра: Экологии

**Экзаменационный билет № 2**

1. История экологического моделирования
2. Модели системы «хищник – жертва». Типы трофических функций.

Зав. кафедрой \_\_\_\_\_  
М.П. (школы)

**Тестовые задания для проверки сформированности компетенций по**  
**дисциплине**

ОПК-1 - владение 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

*1 вариант*

<i>№</i>	<i>Вопрос</i>	<i>Ответ</i>
1	Математические модели, создающиеся в	1) эмперическим

	результате проведения экспериментов и последующей камеральной обработки их результатов, называются 1) эмперическими, 2) статистическими, 3) теоретическими, 4) имитационными.	и,
--	---	----

*2 вариант*

<i>№</i>	<i>Вопрос</i>	<i>Ответ</i>
1	Стадия непосредственной разработки модели заключается в 1) логико-математическом описании моделируемой системы в соответствии с формулируемой проблемой; 2) определении коэффициентов уравнений. 3) описании проблемы и целей моделирования	2) определении коэффициентов уравнений.

ПК-2: 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

*1 вариант*

<i>№</i>	<i>Вопрос</i>	<i>Ответ</i>
1	Процесс моделирования включает стадии 1) формализации, моделирования и интерпретации, 2) формулирования проблемы, формализации, моделирования и интерпретации, 3) формулирования проблемы, разработки модели, формализации, моделирования и интерпретации.	1) формализации, моделирования и интерпретации
2	Коэффициент естественной гибели травоядных животных зависит от: 1) численности хищников, 2) численности травоядных, 3) промысла человека, 4) биомассы растений.	2) численности травоядных,

*2 вариант*



<i>№</i>	<i>Вопрос</i>	<i>Ответ</i>
1	Сложность моделирования действия окружающей среды на организм обусловлена, прежде всего, ее 1) иерархичностью 2) незамкнутостью, 3) полифакторностью, 4) инерционностью.	3) полифакторностью,
2	Для прогноза численности популяции уравнение Мальтуса можно использовать на промежутке времени 1) бесконечном, 2) достаточно длительном, 3) коротком, 4) определенном	3) коротком,