



**Министерство науки и высшего образования Российской Федерации**  
федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение  
высшего образования  
**«ИРКУТСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»**  
ФГБОУ ВО «ИГУ»  
**Кафедра физико-химической биологии, биоинженерии и биоинформатики**



Директор Института  
Биологических наук  
А. Н. Матвеев  
«02» апреля 2026 г.

**Рабочая программа дисциплины**

Наименование дисциплины: Б1.В.24 «СИСТЕМНАЯ ЭКОЛОГИЯ»

Направление подготовки: 05.03.06 «Экология и природопользование»

Направленность (профиль) подготовки: «Экологическая экспертиза»

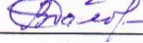
Квалификация выпускника: Бакалавр

Форма обучения: очная с элементами электронного обучения и дистанционных образовательных технологий

Согласовано с УМК Института  
Биологических наук ИГУ  
Протокол № 6 от 02» апреля 2026 г.

Председатель  А. Н. Матвеев

Рекомендовано кафедрой физико-химической  
биологии, биоинженерии и биоинформатики  
Протокол № 11 от « 02 » апреля 2026 г

Зав. кафедрой  В.П. Саловарова

Иркутск 2026 г.

## Содержание

	стр.
I. Цель и задачи дисциплины .....	3
II. Место дисциплины в структуре ОПОП .....	3
III. Требования к результатам освоения дисциплины .....	3
IV. Содержание и структура дисциплины .....	5
4.1 Содержание дисциплины, структурированное по темам, с указанием видов учебных занятий и отведенного на них количества академических часов .....	5
4.2 План внеаудиторной самостоятельной работы обучающихся по дисциплине .....	6
4.3 Содержание учебного материала .....	7
4.3.1 Перечень семинарских, практических занятий и лабораторных работ .....	10
4.3.2. Перечень тем (вопросов), выносимых на самостоятельное изучение в рамках самостоятельной работы студентов .....	10
4.4. Методические указания по организации самостоятельной работы студентов .....	11
4.5. Примерная тематика курсовых работ (проектов) .....	11
V. Учебно-методическое и информационное обеспечение дисциплины .....	12
а) перечень литературы .....	12
б) периодические издания .....	12
в) список авторских методических разработок .....	15
г) базы данных, поисково-справочные и информационные системы.....	15
VI. Материально-техническое обеспечение дисциплины .....	14
6.1. Учебно-лабораторное оборудование .....	14
6.2. Программное обеспечение .....	14
6.3. Технические и электронные средства обучения .....	15
VII. Образовательные технологии .....	15
VIII. Оценочные материалы для текущего контроля и промежуточной аттестации .....	15

## I. Цель и задачи дисциплины:

**Цель:** Изучить основы и методы системного анализа применительно к экологическим процессам и научить применять полученные знания и навыки для решения профессиональных задач

### Задачи:

- Изучить способы математической формализации типовых экологических процессов;
- Рассмотреть разнообразные и наиболее часто используемые приемы моделирования экологических систем и методы анализа моделей;
- ознакомиться с классическими моделями в экологии и продемонстрировать значение математического и компьютерного моделирования для понимания природы экологических процессов и функционирования экосистем разного уровня;
- рассмотреть современное состояние системной экологии и обсудить новые направления исследований в данной области.

## II. МЕСТО ДИСЦИПЛИНЫ В СТРУКТУРЕ ОПОП ВО

2.1. Учебная дисциплина Б1.В.24 «Системная экология» относится к части, формируемой участниками образовательных отношений. Изучается на 4 курсе в первом семестре.

2.2. Для изучения данной учебной дисциплины необходимы знания, умения и навыки, формируемые предшествующими дисциплинами бакалавриата («Аналитическая геометрия и высшая алгебра», «Общая биология», «Общая экология», «Информатика», «Математические методы и модели в экологии»)

2.3. Перечень последующих учебных дисциплин, для которых необходимы знания, умения и навыки, формируемые данной учебной дисциплиной: «Оценка воздействия на окружающую среду», «Экологическое проектирование и экспертиза», выполнение ВКР.

## III. ТРЕБОВАНИЯ К РЕЗУЛЬТАТАМ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

Процесс освоения дисциплины направлен на формирование компетенции в соответствии с ФГОС ВО и ОП ВО по данному направлению подготовки 05.03.06 «Экология и природопользование», профиль «Экологическая экспертиза»:

ПК-1: Способен использовать знания в области экологии, природопользования и охраны окружающей среды при решении научно-исследовательских задач.

### Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине, соотнесенных с индикаторами достижения компетенций

Компетенция	Индикаторы компетенций	Результаты обучения
ПК-1 Способен использовать знания в области экологии, природопользования и охраны окружающей среды при решении научно-исследовательских задач	<i>ИДК ПК 1.1</i> Применяет знания, подходы и методический аппарат экологических наук для решения профильных научно-исследовательских задач.	Знать: цель, задачи и области применения методов системной экологии; методы системного анализа и виды моделей экологических систем и процессов. Уметь: формулировать задачи исследования на основе методов математического моделирования; осуществлять формализацию функционирования исследуемой системы; выбирать класс модели в зависимости от поставленной задачи, свойств моделируемого объекта и условий проведения эксперимента; выбирать методы исследования моделей. Владеть: принципами исследования сложных систем, методами математического моделирования экологических процессов и анализа моделей; современными представлениями об общих проблемах и перспективах развития системного анализа.



#### IV. СОДЕРЖАНИЕ И СТРУКТУРА ДИСЦИПЛИНЫ

**Объем дисциплины составляет 3 зачетных единицы, 108 часов.**

Из них реализуется с использованием электронного обучения и дистанционных образовательных технологий не менее 20% часов от аудиторной работы (11 часов)

**Форма промежуточной аттестации: зачет.**

**4.1 Содержание дисциплины, структурированное по темам, с указанием видов учебных занятий и отведенного на них количества академических часов**

№ п/н	Раздел дисциплины/тема	Семестр	Всего часов	Из них практическая подготовка обучающихся	Виды учебной работы, включая самостоятельную работу обучающихся, практическую подготовку и трудоемкость (в часах)				Форма текущего контроля успеваемости/ Форма промежуточной аттестации (по семестрам)
					Контактная работа преподавателя с обучающимися			Самостоятельная работа	
					Лекция	Семинар/ Практическое, лабораторное занятие/	Консультация		
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
1	Тема 1. Системный подход в экологии. Методология системного анализа	7	12		2	2	-	8	Контрольный опрос Устный доклад
2	Тема 2. Моделирование как основной метод системного анализа.	7	12		2	2	-	8	Контрольный опрос Устный доклад
3	Тема 3. Реализации системного анализа в экологии	7	12		2	2	-	8	Контрольный опрос Решение задач тестирование
4	Тема 4. Модели систем, описываемые одним дифференциальным уравнением первого порядка	7	14		3	3	-	8	Контрольный опрос Решение задач
5	Тема 5. Модели, описываемые системами двух автономных дифференциальных уравнений	7	14		3	3	-	8	Контрольный опрос Решение задач

6	Тема 6. Бифуркации динамических систем. Бифуркационная диаграмма	7	12		2	2	-	8	Контрольный опрос Решение задач
7	Тема 7. Распределенные системы.	7	12		2	2	-	8	Контрольный опрос Решение задач
8	Тема 8. Динамические системы высоких размерностей. Динамический хаос. Фрактальные множества.	7	12		2	2	-	8	Контрольный опрос Решение задач

#### 4.2 План внеаудиторной самостоятельной работы обучающихся по дисциплине

Семестр	Название раздела, темы	Самостоятельная работа обучающихся			Оценочное средство	Учебно-методическое обеспечение самостоятельной работы
		Вид самостоятельной работы	Сроки выполнения	Трудоемкость (час.)		
3	Тема 1. Системный подход в экологии. Методология системного анализа	КВ 1-10 Доклады по темам 1-3	1-2	8	Контрольные вопросы Устный доклад	Раздел 5 а-г
3	Тема 2. Моделирование как основной метод системного анализа.	КВ 11-25 Доклады по темам 4-5	3-4	8	Контрольные вопросы Устный доклад	- « -
3	Тема 3. Реализации системного анализа в экологии	КВ 26-35 решение задач по теме	5-6	8	Контрольные вопросы Тестирование задачи	- « -
3	Тема 4. Модели систем, описываемые одним дифференциальным уравнением первого порядка	КВ 36-45 решение задач по теме	7-9	8	Контрольные вопросы задачи	- « -
3	Тема 5. Модели, описываемые системами двух автономных дифференциальных уравнений	КВ 46-55 решение задач по теме	10-12	8	Контрольные вопросы задачи	- « -
3	Тема 6. Бифуркации динамических систем. Бифуркационная диаграмма	КВ 56-70 решение задач по теме	13-14	8	Контрольные вопросы задачи	- « -
3	Тема 7. Распределенные системы.	КВ 71-80 решение задач по теме	15-16	8	Контрольные вопросы задачи	- « -

Семестр	Название раздела, темы	Самостоятельная работа обучающихся			Оценочное средство	Учебно-методическое обеспечение самостоятельной работы
		Вид самостоятельной работы	Сроки выполнения	Трудоемкость (час.)		
3	Тема 8. Динамические системы высоких размерностей. Динамический хаос. Фрактальные множества.	КВ 81-90 решение задач по теме	17-18	8	Контрольные вопросы Задачи Промежуточное тестирование	- « -
Общий объем самостоятельной работы по дисциплине (час) – 64						
<b>Из них объем самостоятельной работы с использованием электронного обучения и дистанционных образовательных технологий (час) - 64</b>						

## 4.3 Содержание учебного материала

### **Тема 1. Системный подход в экологии. Методология системного анализа**

Предмет и задачи курса. Значение экологии как системной дисциплины. Принципы системного подхода в экологии. Характерные черты системного анализа и его основные этапы. Принцип Оккама. Холизм и редукционизм. Кибернетическое управление в системах. Принцип обратной связи.

Системный анализ как теоретический метод познания, его связь с эмпирическими методами. Динамическая система, состояние, параметры модели. Фундаментальные понятия системного анализа: состав системы, структура системы, непосредственно окружающая среда системы, функция системы.

### **Тема 2. Моделирование как основной метод системного анализа.**

Понятие модели. Объекты, цели и методы моделирования. Модели в разных науках. Компьютерные и математические модели. История первых моделей в экологии. Ряд Фибоначчи и «Золотое сечение». Фундаментальный и эмпирический подходы к построению математических моделей исследуемых систем. Специфика моделирования живых систем. Роль моделирования при анализе экологических систем и в управлении природопользованием. Моделирующее отображение. Агрегирование модели.

Классификация моделей: реальные и знаковые; концептуальные и математические. Семейства математических моделей, их преимущества и недостатки. Способы исследования моделей: численные, аналитические, имитационные. Модели дискретные и непрерывные, точечные и пространственные, детерминированные и стохастические; статические и динамические.

### **Тема 3. Реализации системного анализа в экологии**

Основные этапы системного анализа. Выбор проблемы. Постановка задачи и ограничение ее сложности. Классы гипотез. Таблица решений. Концептуализация. Спецификация. Идентификация. Реализация, проверка и исследование модели. Оптимизация. Заключительный синтез. Наблюдение и эксперимент.

### **Тема 4. Модели систем, описываемые одним дифференциальным уравнением первого порядка**

Модели, приводящие к одному дифференциальному уравнению. Понятие решения одного автономного дифференциального уравнения. Стационарное состояние (состояние равновесия). Устойчивость состояния равновесия. Методы оценки устойчивости. Критерий Ляпунова. Решение линейного дифференциального уравнения. Примеры: Модели роста численности популяции. Непрерывные модели: экспоненциальный рост, логистический рост, модели с наименьшей критической численностью. Модели с перекрывающимися поколениями. Дискретное логистическое уравнение. Диаграмма и лестница Ламерея. Типы решений при разных значениях параметра: монотонные и затухающие решения, циклы, квазистохастическое поведение, вспышки численности. Матричные модели популяций. Влияние запаздывания.

### **Тема 5. Модели, описываемые системами двух автономных дифференциальных уравнений**

Быстрые и медленные переменные. Метод квазистационарных концентраций. Теорема Тихонова. Вывод уравнения Михаэлиса-Ментен как пример реализации принципа узкого места. Аналитическое решение систем двух дифференциальных уравнений. Качественное исследование систем двух дифференциальных уравнений. Фазовая плоскость. Фазовый портрет. Метод изоклин. Главные изоклины. Устойчивость стационарного состояния.

Линейные системы. Типы особых точек: УЗЕЛ, СЕДЛО, ФОКУС, ЦЕНТР. Модель системы химических реакции первого порядка.

Исследование устойчивости стационарных состояний нелинейных систем второго порядка. Метод Ляпунова линеаризации систем в окрестности стационарного состояния. Примеры исследования устойчивости стационарных состояний моделей биологических систем. Уравнения Лотки. Уравнения Вольтерра.

### **Тема 6. Бифуркации динамических систем. Бифуркационная диаграмма**

Бифуркации динамических систем. Типы бифуркаций. Бифуркационные диаграммы и фазопараметрические портреты. Катастрофы. Мультистационарные системы. Триггер. Примеры систем с двумя устойчивыми стационарными состояниями. Конкуренция. Силовое и параметрическое переключение триггера. Эволюция. Отбор одного из двух и нескольких равноправных видов. Генетический триггер Жакоба и Моно.

Колебания в экологических системах. Понятие автоколебаний. Изображение автоколебательной системы на фазовой плоскости. Предельные циклы. Условия существования предельных циклов. Рождение предельного цикла. Бифуркация Андронова - Хопфа. Мягкое и жесткое возбуждение колебаний. Модель брюсселятор. Примеры автоколебательных моделей процессов в живых системах. Колебания в темновых процессах фотосинтеза. Автоколебания в модели гликолиза. Клеточные циклы.

### **Тема 7. Распределенные системы.**

Распределенные системы. Активные автоволновые среды. Уравнение диффузии. Решение уравнения диффузии. Система реакция-диффузия. Неустойчивость гомогенного стационарного состояния. Распространение волны в системах с диффузией. Система реакция-диффузия для двух уравнений. Исследование устойчивости гомогенного стационарного состояния. Типы неустойчивостей. Распределенная система «Брюсселятор» как модель активной среды. Реакция Белоусова-Жаботинского. Модели окраски шкур животных.

### **Тема 8. Динамические системы высоких размерностей. Динамический хаос. Фрактальные множества.**

Основные понятия теории динамических систем. Предельные множества. Аттракторы. Странные аттракторы. Динамический хаос. Критерии динамического хаоса. Линейный анализ устойчивости траекторий. Диссипативные системы. Сжатие фазового объема для диссипативных систем. Устойчивость хаотических решений. Размерность странных аттракторов.

Фракталы как геометрический образ детерминированного хаоса. Фрактальные размерности. Кривая и «снежинки» Коха, Канторово множество и ковер Серпинского. Размерность Хаусдорфа-Безиковича. Поточечная, информационная и корреляционная размерности. Соотношение этих размерностей. Фрактальность границ. Фрактальная природа биологических систем.

#### **4.3.1. Перечень семинарских, практических занятий и лабораторных работ**

№ п/н	№ раздела и темы	Наименование семинаров, практических и лабораторных работ	Трудоемкость (час.)		Оценочные средства	Формируемые компетенции (индикаторы)
			Всего часов	Из них практическая подготовка		
1	2	3	4	5	6	7
1	Тема 1	Системный подход в экологии. Методология системного анализа	2		Контрольные вопросы доклад	ПК-1 ИДК ПК 1.1

2	<b>Тема 2</b>	Моделирование как основной метод системного анализа.	2		Контрольные вопросы доклад	<b>ПК-1</b> <i>ИДК ПК 1.1</i>
3	<b>Тема 3</b>	Модели, описываемые одним дифференциальным уравнением первого порядка Численное и аналитическое исследование моделей.	2		Задачи тестирование	<b>ПК-1</b> <i>ИДК ПК 1.1</i>
4	<b>Тема 4</b>	Качественное исследование моделей, описываемых одним дифференциальным уравнением.	3		Контрольные вопросы задачи	<b>ПК-1</b> <i>ИДК ПК 1.1</i>
5	<b>Тема 5</b>	Модели, описываемые системами двух автономных дифференциальных уравнений. Характеристическое уравнение. Типы особых точек. Устойчивость стационарных состояний.	3		Контрольные вопросы задачи	<b>ПК-1</b> <i>ИДК ПК 1.1</i>
6	<b>Тема 6</b>	Бифуркации динамических систем. Бифуркационная диаграмма. Триггерные системы и предельный цикл.	2		Контрольные вопросы задачи	<b>ПК-1</b> <i>ИДК ПК 1.1</i>
7	<b>Тема 7</b>	Распределенные системы. Система «уравнение-диффузия» в химических и биоэкологических моделях.	2		Контрольные вопросы задачи	<b>ПК-1</b> <i>ИДК ПК 1.1</i>
8	<b>Тема 8</b>	Динамические системы высоких размерностей. Динамический хаос. Фрактальные множества.	2		Контрольные вопросы задачи	<b>ПК-1</b> <i>ИДК ПК 1.1</i>

#### 4.3.2. Перечень тем (вопросов), выносимых на самостоятельное изучение студентами в рамках самостоятельной работы (СРС)

№ п/п	Тема	Задание	Формируемая компетенция	ИДК
1	Тема 1. Системный подход в экологии. Методология системного анализа	1. Подготовка докладов по теме 2. Подготовка к контрольному опросу	ПК-1	<i>ИДК ПК 1.1</i>
2	Тема 2. Моделирование как основной метод системного анализа.	1. Подготовка докладов по теме 2. Подготовка к контрольному опросу	ПК-1	<i>ИДК ПК 1.1</i>
3	Тема 3. Реализации системного анализа в экологии	1. Подготовка к контрольному опросу 2. Подготовка в текущему тестированию 3. Решение задач по теме	ПК-1	<i>ИДК ПК 1.1</i>
4	Тема 4. Модели систем, описываемые одним дифференциальным уравнением первого порядка	1. Подготовка к контрольному опросу 2. Решение задач по теме	ПК-1	<i>ИДК ПК 1.1</i>
5	Тема 5. Модели, описываемые системами	1. Подготовка к контрольному опросу	ПК-1	<i>ИДК ПК 1.1</i>

	двух автономных дифференциальных уравнений	2. Решение задач по теме		
6	Тема 6. Бифуркации динамических систем. Бифуркационная диаграмма	1. Подготовка к контрольному опросу 2. Решение задач по теме	ПК-1	<i>ИДК ПК 1.1</i>
7	Тема 7. Распределенные системы.	1. Подготовка к контрольному опросу 2. Решение задач по теме	ПК-1	<i>ИДК ПК 1.1</i>
8	Тема 8. Динамические системы высоких размерностей. Динамический хаос. Фрактальные множества.	1. Подготовка к контрольному опросу 2. Решение задач по теме 3. Подготовка к промежуточному тестированию	ПК-1	<i>ИДК ПК 1.1</i>

#### 4.4. Методические указания по организации самостоятельной работы студентов

Самостоятельная работа студента преследует следующие цели:

- совершенствование навыков самообразовательной работы как основного пути повышения уровня образования;
- углубление и расширение знаний по предмету.

По дисциплине «Системная экология» предлагаются следующие формы самостоятельной работы:

- а) Углубленный анализ научно-методической литературы и изучение учебного материала, предусмотренного рабочей программой;
- б) подготовка к контрольному опросу на практических занятиях;
- в) подготовка устных докладов с презентацией;
- г) решение задач;
- д) подготовка к тестированию по отдельным разделам дисциплины

*Письменные работы.* Для самостоятельного изучения тем рекомендуется использовать основную и дополнительную литературу, а также источники, найденные при помощи информационно-справочных и поисковых. Для закрепления материала рекомендуется делать краткие конспекты по теме.

*Устный доклад* – это сообщение в течение 10-15 мин, в котором студент в лаконичной форме должен изложить материал по соответствующей теме, придерживаясь следующего плана: введение, основная часть, заключение. Доклад сопровождается презентацией, отражающей основные положения по соответствующей теме, включающей наглядные материалы (схемы, таблицы, фото и т.д.). По окончании доклада студенту задают вопросы, как преподаватель, так и студенты, на которые докладчик должен дать исчерпывающие ответы.

#### *Рекомендации по подготовке презентации.*

Презентации — способ представления информации, сочетающий в себе текст, гипертекстовые ссылки, компьютерную анимацию, графики, видео, музыку и звуковой ряд, которые организованы в единую среду. Презентация имеет сюжет, сценарий и структуру, организованную для удобного восприятия информации. Отличительной особенностью презентации является её интерактивность, то есть создаваемая для пользователя возможность взаимодействия через элементы управления.

Презентация всегда состоит из двух основных компонентов: информации, которую выступающий хочет донести до аудитории, и манеры изложения. Написанный на бумаге текст помогает более четко и последовательно изложить материал. Презентации обычно делают в PowerPoint, в Impress, либо в Acrobat. Желательно придерживаться принципа: один слайд - одна мысль. Титульный слайд должен содержать название презентации, её автора, контактную

информацию автора. На втором слайде обычно представлен план презентации, основные разделы или вопросы, которые будут рассмотрены. Остальные слайды нужно строить по модели: тезис - аргументы – вывод. Выводы всегда должно быть даны ясно и лаконично на отдельном слайде. Предпоследний слайд должен содержать информацию об использованных источниках литературы, интернет-ресурсах. Последний слайд может повторять титульный с добавлением фразы «Спасибо за внимание!»

На слайды должны попасть только самые важные тезисы и данные, а также графический материал: диаграммы, рисунки, фотографии. Старайтесь делать слайды на однородном светлом фоне с более контрастным текстом. Ключевые слова в предложении лучше выделять жирным шрифтом или цветом. Текст пишите крупно, плотно набранный текст сложнее воспринимается.

**4.5. Примерная тематика курсовых работ (проектов):** не предусмотрены учебным планом.

## **V. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ И ИНФОРМАЦИОННОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ**

### **а) перечень литературы**

1. Биофизика [Текст] : учебник / ред. В. Г. Артюхов. - М. : Академ. проект ; Екатеринбург : Деловая кн., 2009. - 294 с. (ISBN 978-5-8291-1081-9. - ISBN 978-5-88687-203-3, 50 экз.)+
2. Ризниченко Г.Ю. Математические методы в биологии и экологии. Биофизическая динамика продукционных процессов [Текст] : учеб. для бакалавриата и магистратуры : в 2 ч. / Г. Ю. Ризниченко, А. Б. Рубин. - 2-е изд. - М.: Юрайт, 2017. – Ч. 1. - 253 с. ISBN 978-5-534-03989-4 (25 экз.); +
3. Ризниченко Г.Ю. Математические методы в биологии и экологии. Биофизическая динамика продукционных процессов [Текст] : учеб. для бакалавриата и магистратуры : в 2 ч. / Г. Ю. Ризниченко, А. Б. Рубин. - 2-е изд. - М.: Юрайт, 2017. – Ч. 2. - 253 с. ISBN 978-5-534-04054-8 (25 экз.)+.
4. Баврин И.И. Высшая математика: учебник / И.И. Баврин. – М.: Академия, 2010. – 616 с. (ISBN 978-5-7695-6838-1, 55 экз.)+
5. Теория вероятностей и математическая статистика. Математические модели / В.Д. Мятлев, Л.А. Панченко, Г.Ю. Ризниченко, А.Т. Терехин. – М.: Издательский центр «Академия», 2009. – 320 с. (ISBN 978-5-7695-4704-1, 11 экз.)+
6. Джефферс Д. Введение в системный анализ: применение в экологии [Текст] : научное издание / Д. Джефферс ; пер. с англ. Д. О. Логофет ; ред. Ю. М. Свирежев. - М. : Мир, 1981. - 252 с. (2 экз.)+
7. Марри Д. Нелинейные дифференциальные уравнения в биологии: Лекции о моделях: Пер. с англ. / Под ред. А. Д. Мышкиса. — М.: Мир, 1983. — 397 с. (10 экз.)+

### **б) периодические издания**

«Математическая биология и биоинформатика», «Биофизика», «Экология», «Сибирский экологический журнал», «Экология. Экономика. Информатика. Серия: Системный анализ и моделирование экономических и экологических систем»

### **в) список авторских методических разработок:**

1. Биофизика: учебно-методическое пособие / А. А. Приставка, Г. В. Юринова, З. А. Ефременко, В. Л. Михайленко, В. П. Саловарова ; [под общ. ред. В. П. Саловаровой]. – Иркутск : Издательство ИГУ, 2021. – 1 электронный оптический диск

### **г) базы данных, информационно-справочные и поисковые системы**

1. <http://www.biometrica.tomsk.ru/> - электронный журнал «Биометрика» для медиков и биологов – сторонников доказательной биомедицины. Содержит большое количество статей и иных материалов, посвященных математическим моделям в биологии и экологии.
2. <http://www.dmb.biophys.msu.ru> - Информационная система «Динамические модели в биологии», рассчитанная на широкий круг пользователей, включает в себя гипертекстовые документы и реляционные базы данных и обеспечивает унифицированный доступ к разнообразной информации по данной предметной области.
3. <http://www.elibrary.ru/defaultx.asp> - Научная электронная библиотека, крупнейший российский информационный портал в области науки, технологии, медицины и образования, содержащий рефераты и полные тексты более 12 млн научных статей и публикаций.
4. <http://www.exponenta.ru/> - образовательный математический сайт
5. <http://www.library.biophys.msu.ru/MathMod/ВМ.НТМЛ> - книга Г.Ю. Ризниченко «Биология математическая»
6. <http://www.tusearch.blogspot.com> - Поиск электронных книг, публикаций, законов, ГОСТов на сайтах научных электронных библиотек. В поисковике отобраны лучшие библиотеки, в большинстве которых можно скачать материалы в полном объеме без регистрации. В список включены библиотеки иностранных университетов и научных организаций.
7. ЭБС «Айбукс». Адрес доступа <http://ibooks.ru>
8. ЭБС «Издательство Лань». Адрес доступа <http://e.lanbook.com/>
9. ЭБС «Рукопт». Адрес доступа <http://rucont.ru/>
10. ЭБС «Юрайт». Адрес доступа: <http://biblio-online.ru/>

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

### **6.1. Учебно-лабораторное оборудование:**

Аудитория для проведения занятий практического типа. Аудитория оборудована: *специализированной (учебной) мебелью* на 12 посадочных мест; оборудована *техническими средствами обучения*: Проектор Epson EB-X03, Экран ScreenMedia, Доска аудиторная меловая, магнитная, Лаборатория орган химии - Шкаф вытяжной АФ-221"- 2 шт., Химический шкаф (стеллаж) -1 шт., Лабораторный стол с выкатными тумбами – 5 шт., Холодильник «Минск» - 2шт., Аппарат для вертикального электрофореза – 1 шт., Вакуумный испаритель РВО-64 – 1 шт., Вольметр ВУ-15 – 1 шт., Дезинтегратор УД-20 – 1 шт., Измеритель ионных сопротивлений (импеданса) - 1 шт., Источник питания для электрофореза "Эльф" – 1 шт., Осциллограф универсальный двухлучевой С-55 – 1 шт., Термостат ТС-80 – 1 шт., Центрифуга К-24 – 1 шт., Центрифуга МПВ-310 – 1 шт. Ноутбук Lenovo G580 – 1 шт. служащими для представления учебной информации по дисциплине «Системная экология» *учебно-наглядными пособиями*, обеспечивающими тематические иллюстрации по дисциплине в виде презентации.

Компьютерный класс (учебная аудитория) для групповых и индивидуальных консультаций, текущего контроля и промежуточной аттестации, организации самостоятельной работы. Аудитория оборудована: *специализированной (учебной) мебелью* на 20 посадочных мест, доской меловой; оборудована *техническими средствами обучения*: Системный блок PentiumG850, Монитор BenQ G252HDA-1 шт.; Системный блок Athlon 2 X2 250, Монитор BenQ G252HDA – 8 шт.; Системный блок PentiumD 3.0GHz, Монитор Samsung 740N – 3 шт.; Моноблок IRU T2105P – 2 шт.; Системный блок Pentium G3250, Монитор BenQG955 – 1 шт.; Системный блок Pentium G3250, Монитор BenQ GL2250 – 1 шт.; Системный блок Pentium G3250, Монитор Samsung T200 HD – 1 шт.; Системный блок Pentium G3250, Монитор Samsung T190N – 1 шт.; Системный блок tium G3250, Монитор Samsung 740N – 1 шт.; с неограниченным доступом к сети Интернет; Проектор BenQ MX503; экран

ScreenVtdiaEcot. Ноутбук Lenovo G580 – 1 шт. С неограниченным доступом к сети Интернет и обеспечением доступа в электронную информационно-образовательную среду организации.

Помещения для хранения и профилактического обслуживания учебного оборудования. Аудитория оборудована: специализированной мебелью на 8 посадочных мест; Вытяжной шкаф – 1 шт., Ламинарный шкаф – 2 шт., Термостат ТС-80 – 2 шт., Лабораторный стол металлический – 3 шт., Лабораторный стол с резиновой поверхностью – 2 шт., Холодильник «Атлант» – 1 шт. Микроскоп монокулярный – 8 шт, Микроскоп "Биолам"-1 шт., Стерилизатор паровой ВК-75 ПТ "ТЗМОИ" – 1шт., Пипетка автоматическая Ленпипет 0,5-10 м"-1 шт., Пипетка-дозатор"-1 шт., Микроскоп Levenhuk D870Т тринокуляр"-1 шт., Проектор Overhead"-1 шт., Проектор View Sonic"-1 шт., Проектор View Sonic"-1 шт., Ноутбук Lenovo"-2 шт., Принтер Brother -1 шт., Принтер Canon -1 шт.

### **6.2. Программное обеспечение:**

- DreamSpark Premium Electronic Software Delivery (3 years) Renewal (Windows 10 Education 32/64-bit (Russian) - Microsoft Imagine, Windows 7 Professional with Service Pack 1 32/64-bit (English) - Microsoft Imagine, Windows Server 2008 Enterprise and Standard without Hyper-V with SP2 32/64-bit (English) - Microsoft Imagine, Access 2016 32/64-bit (Russian) - Microsoft Imagine, Access 2010 32/64-bit (Russian) - Microsoft Imagine). Договор №03-016-14 от 30.10.2014г.
- Kaspersky Endpoint Security для бизнеса - Стандартный Russian Edition. 250-499. Форум Контракт №04-114-16 от 14ноября 2016г KES. Счет №РСЦЗ-000147 и АКТ от 23ноября 2016г Лиц.№1В08161103014721370444.
- Microsoft Office Enterprise 2007 Russian Academic OPEN No Level. Номер Лицензии Microsoft 43364238.
- Microsoft Windows XP Professional Russian Upgrade Academic OPEN No Level. Номер Лицензии Microsoft 41059241.
- Office 365 профессиональный плюс для учащихся. Номер заказа: 36dde53d-7cdb-4cad-a87f-29b2a19c463e.

### **6.3. Технические и электронные средства:**

- Презентации по всем темам курса;
- Система электронного тестирования на базе образовательного портала Educa;
- программное обеспечение для автоматического построения и исследования фазовых портретов автономных динамических систем на плоскости (PhaPI).

## **VII. ОБРАЗОВАТЕЛЬНЫЕ ТЕХНОЛОГИИ**

Для освоения дисциплины «Системная экология» применяются следующие образовательные технологии:

- *Информационная лекция* - это сжатое изложение основных научных фактов, что является базой для анализа рассуждений, оценок.
- *Лекция-визуализация.* Учит студентов преобразовывать устную и письменную информацию в визуальную форму, что формирует у них профессиональное мышление за счет систематизации и выделения наиболее значимых, существенных элементов содержания обучения. Задача преподавателя использовать такие формы наглядности, которые не только дополняют словесную информацию, но и сами являются носителями информации (схемы, рисунки, слайды-презентации, и т.п.). Этот вид лекции лучше всего использовать на этапе введения студентов в новый раздел, тему дисциплины.
- *Практические занятия* – это занятие, проводимое под руководством преподавателя в учебной аудитории, направленное на углубление научно-теоретических знаний и овладение определенными методами самостоятельной работы, которое формирует практические умения. Одной из форм практических занятий является коллоквиум.

- *Коллоквиумы* – вид учебного занятия, проводимого с целью проверки и оценивания знаний учащихся. Коллоквиум может проводиться в форме индивидуальной беседы преподавателя со студентом или как массовый опрос. В ходе группового обсуждения студенты учатся высказывать свою точку зрения по определенному вопросу, защищать свое мнение, применяя знания, полученные на занятиях по предмету. В ходе коллоквиума также проверяются письменные работы студентов, проводится защита докладов.
- *Самостоятельная работа студентов* (см. п. 4.4).
- *Дистанционные образовательные технологии.* Под дистанционными образовательными технологиями понимаются образовательные технологии, реализуемые в основном с применением информационно-телекоммуникационных сетей. При освоении дисциплины «Системная экология» используется *компьютерные сетевые технологии* (интернет-технологии) – способ дистанционной передачи информации, основанный на использовании глобальных и локальных компьютерных сетей для обеспечения доступа обучающихся к информационным образовательным ресурсам и для формирования совокупности методических, организационных, технических и программных средств реализации и управления учебным процессом независимо от места нахождения его субъектов. Для организации дистанционного обучения на основе этих технологий используется специализированное программное средство - образовательный портал ИГУ (educa.isu.ru).

## **VIII. ОЦЕНОЧНЫЕ МАТЕРИАЛЫ ДЛЯ ТЕКУЩЕГО КОНТРОЛЯ И ПРОМЕЖУТОЧНОЙ АТТЕСТАЦИИ**

### ***Оценочные материалы для входного контроля***

Для входного контроля оценки уровня знаний студентов используется тестирование по основным разделам экологии и математики.

#### *Демонстрационный вариант теста для входного контроля*

1. *Эмерджентность проявляется в системе в виде:* а) неравенстве свойств системы сумме свойств, составляющих ее элементов; б) изменения во всех элементах системы при воздействии на любой ее элемент; в) появлении у системы новых интегративных качеств, не свойственных ее элементам; г) равенства свойств системы сумме свойств, составляющих ее элементов.

2. *Найдите производную функции  $f(x) = 2x^3 - 3x^2 + 6x - 6$ :* а)  $6x^2 - 6x + 6$ ; б)  $6x^2 - 6x$ ; в)  $6x^2 - 6x + 6$ ; г)  $6x^2 - 6x + 6$

3. *Отрицательная обратная связь обеспечивает:* а) усиление какой-либо функции системы; б) ослабление какой-либо функции системы; в) стабилизацию какой-либо функции системы; г) возникновение какой-либо функции системы

### ***Оценочные материалы текущего контроля***

Оценочные материалы текущего контроля формируются в соответствии с ЛНА университета. В рамках дисциплины «Системная экология» используются следующие формы текущего контроля:

- устный опрос;
  - письменные работы;
  - тестирование;
  - решение задач;
  - защита докладов;
  - контроль самостоятельной работы.
- Фонд оценочных средств включает:

- тестовые задания по дисциплине;
- контрольные вопросы и задания;
- задачи;
- перечень тем докладов;
- вопросы для самостоятельного изучения (СРС);
- перечень вопросов для зачета.

Назначение оценочных средств: выявить сформированность компетенции ПК-1 (см. п.

Ш). Студенты, не выполнившие задания текущего контроля или получившие за них оценку «не удовлетворительно», до промежуточной аттестации не допускаются, пока не будут ликвидированы все задолженности.

#### Темы докладов

1. Вклад отечественных и зарубежных ученых в становление и развитие системной биологии: исторический очерк.
2. Представление объекта собственных научных исследований в терминах и положениях системного анализа.
3. Математическое описание процессов самоорганизации в биоэкологических системах.
4. Моделирование на основе графов

*Критерии оценки доклада:*

- Новизна текста: а) актуальность темы; б) новизна и самостоятельность в постановке проблемы, формулирование нового аспекта известной проблемы в установлении новых связей (межпредметных, внутрипредметных, интеграционных); в) умение работать с исследованиями, критической литературой, систематизировать и структурировать материал; г) явленность авторской позиции, самостоятельность оценок и суждений; д) стилевое единство текста, единство жанровых черт.
- Степень раскрытия сущности вопроса: а) соответствие содержания теме и плану доклада; б) полнота и глубина знаний по теме; в) обоснованность способов и методов работы с материалом; г) умение обобщать, делать выводы, сопоставлять различные точки зрения по одному вопросу (проблеме).
- Обоснованность выбора источников: а) оценка использованной литературы: привлечены ли наиболее известные работы по теме исследования (в т.ч. журнальные публикации последних лет, последние статистические данные, сводки, справки и т.д.).
- Соблюдение требований к оформлению: а) насколько верно оформлены ссылки на используемую литературу, список литературы; б) оценка грамотности и культуры изложения (в т.ч. орфографической, пунктуационной, стилистической культуры), владение терминологией; в) соответствие презентации содержанию доклада и рекомендациям по ее подготовке (см. п. 4.4).

Оценка *«отлично»*. В докладе полностью раскрыта тема, проанализировано современное состояние вопроса; студент свободно владеет материалом, излагает его логично, последовательно, лаконично, хорошим научным языком. Доклад сопровождается презентацией, которая составлена с соблюдением общих требований оформления, содержит ссылки на приведенные фото, рисунки, схемы и т.д. При обсуждении студент демонстрирует понимание изучаемой проблемы и методологии научного исследования, владение профессиональной терминологией и умение грамотно отвечать на вопросы аудитории.

Оценка *«хорошо»*. Тема раскрыта, приведено достаточное количество материала, но при этом материал в недостаточной степени проанализирован автором. Имеются недочеты в оформлении презентации или презентация не в полной степени соответствует общим требованиям. Ответы студента на вопросы не являются исчерпывающими и аргументированными.

Оценка *«удовлетворительно»*. Тема раскрыта не полностью, материал не проанализирован, студент показывает поверхностные знания. Презентация частично

соответствует установленным требованиям. При обсуждении доклада студент дает неправильные или исчерпывающие ответы.

Оценка «неудовлетворительно». Тема не раскрыта, приведен скудный объем материала; презентация отсутствует или не соответствует требованиям. При обсуждении доклада студент не дает ответы или они не соответствуют вопросам.

### Демонстрационные варианты тестов для текущего контроля

1. Системный анализ является методом:

а) теоретическим; б) эмпирическим; в) полевым; г) лабораторным

2. Множество, состоящее из всех внутренних элементов системы, называется:

а) структура системы; б) функция системы; в) непосредственно окружающая среда системы; г) состав системы

3. Структура системы – это:

а) множество, состоящее из всех внешних элементов системы, находящихся в существенной связи с данной системой; б) множество, состоящее из всех внутренних элементов системы; в) множество связей элементов системы между собой, а также элементов системы с внешней средой; г) закон, по которому происходит изменение во времени внутренних элементов системы

Критерии оценки результатов тестирования:

«Отлично»:	Выполнение более 85% тестовых заданий
«Хорошо»:	Выполнение от 71% до 85% тестовых заданий
«Удовлетворительно»:	Выполнение от 60 до 70% тестовых заданий
«Неудовлетворительно»:	Выполнение менее 60% тестовых заданий

### Демонстрационные варианты задач для текущего контроля

#### Тема 3.

1. Скорость распада лекарственного вещества пропорциональна имеющемуся количеству лекарства. Известно, что по истечении 1 ч в организме осталось 31,4 г лекарственного вещества, а по истечении 3 ч – 9,7 г. Определить:

- сколько лекарственного вещества было введено в организм;
- через сколько времени после введения в организм останется 1% первоначального количества.

#### Тема 4.

1. Разложите функцию  $f(x)$  в ряд Тейлора в окрестности точки  $x_0$  до 4 порядка:

$$f(x) = x^3 + 1, \quad x_0 = 1;$$

$$f(x) = e^{-x}, \quad x_0 = 2;$$

2. Найдите стационарные состояния и определите их устойчивость для уравнения:

$$\frac{dx}{dt} + 15 = x^2 + 2x$$

#### Тема 5.

1. Проведите качественное исследование системы:

$$\begin{aligned} \frac{dx}{dt} &= x - 4y \\ \frac{dy}{dt} &= x - y \end{aligned}$$

2. Проведите имитационное моделирование в программной среде на основе системы уравнений В. Вольтера «хищник – жертва». Исследуйте зависимость интегральных кривых и фазовой траектории от:

- Начальной численности популяций;

- Репродуктивных коэффициентов взаимодействующих видов;
- Внешнего воздействия;
- Наличия перекрывающихся поколений

#### Тема 6.

1. Пусть характеристические уравнения для модели I и для модели II имеют вид:

$$I. \lambda^2 - \sigma\lambda + \Delta = 0, \quad \sigma < 0, \quad \Delta > 0.$$

$$II. p^2 - \sigma^1 p + \Delta^1 = 0.$$

Параметры модели I связаны с параметрами модели II следующим образом:

$$\sigma^1 = \sigma - A, \quad \Delta^1 = \Delta - B \quad (A > 0, \quad B > 0).$$

Используя бифуркационную диаграмму для характеристического уравнения определите:

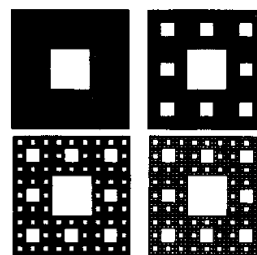
- какие типы стационарных состояний возможны в модели I;
- при каких значениях параметров A и B в модели II возможна неустойчивость

#### Тема 7.

1. Проведите качественное исследование модели «Брюсселятор». Найдите стационарное состояние модели. Проведите линейный анализ и исследуйте, как зависит тип стационарного состояния от соотношения параметров A и B. Постройте параметрическую диаграмму, указывая типы стационарного состояния для различных областей B. Какие устойчивые и неустойчивые решения могут реализоваться в модели? При каком значении B происходит критическая бифуркация Андронова–Хопфа?

#### Тема 8.

1. На рисунке показана процедура построения ковра Серпинского. Затравка - квадрат со всеми внутренними точками. Образующий элемент состоит из 8 квадратов, полученных из затравки преобразованием подобия (сжатием) с коэффициентом подобия 1/3. Рассчитайте размерность подобия D салфетки Серпинского.



#### Критерии оценки задач:

Оценка «отлично» выставляется, если задача решена правильно, в ходе решения продемонстрированы понимание метода решения, правильность использования категориального аппарата, способность интерпретировать результаты, приведено детальное и полное описание решения;

Оценка «хорошо» выставляется, если задача решена правильно, но студент затрудняется изложить и обосновать алгоритм решения и / или интерпретировать результаты расчетов;

Оценка «удовлетворительно» выставляется, если задача решена неправильно, но студент демонстрирует верный подход к проблеме, поставленной в задаче;

Оценка «неудовлетворительно» выставляется, если задача решена неправильно или не решена вовсе.

#### Контрольные вопросы

1. Что такое структура? Приведите примеры структурообразования в биологических системах.
2. Что такое система?
3. Дайте определение системному анализу
4. Что такое состав системы?
5. Что такое функция системы?
6. Дайте определение структуры системы
7. Что такое непосредственно окружающая среда системы?
8. Дайте сравнительную оценку холистическому и мерологическому подходам

9. В чем заключается принцип эмерджентности?
10. Какую роль играет принцип Оккама в системном анализе?
11. Дайте определение модели. Как аналогия используется в моделировании?
12. Какова познавательная роль моделей?
13. Что такое моделирующее отображение?
14. Дайте определение понятию агрегирование модели.
15. Какие типы моделирования существуют? Чем они различаются?
16. Что такое модельный эксперимент?
17. Как соотносятся компьютерный эксперимент и имитационное моделирование?
18. В чем заключаются особенности моделирования в биологии?
19. Какие направления математики используются для моделирования биологических процессов?
20. В чем проявляется особенность биологического приложения методов дискретной и непрерывной математики?
21. Дайте характеристику предмета биологической кинетики.
22. Каковы особенности биологической кинетики в сравнении с химической кинетикой?
23. Определите основные понятия кинетики: механизм реакции, скорость реакции, константа скорости реакции, константа равновесия, порядок реакции.
24. Каковы отличия между точечными и распределенными моделями, дискретными и непрерывными моделями?
25. Что такое динамическая система? Виды математического описания динамических систем
26. Из каких основных этапов складывается системный анализ?
27. От чего зависит формулировка задачи исследования?
28. Что такое спецификация?
29. Для чего предназначена стадия идентификация?
30. С какими этапами системного анализа связаны наблюдения и эксперименты?
31. В чем суть этапа концептуализации?
32. Какие методы проверки модели вы знаете?
33. В чем заключается стадия оптимизации?
34. Как осуществляется исследование модели?
35. Какому разделу научной публикации соответствует стадия спецификации?
36. Чем отличаются динамические системы с дискретным временем и непрерывным временем?
37. Что такое константы скорости, константы времени процесса?
38. Как определить характерные времена процессов в системе?
39. Качественные отличия решений модели Ферхюльста в непрерывной и дискретной форме
40. Что такое критерий Ляпунова? Каков его математический смысл?
41. Что такое стационарное состояние? Как оно определяется?
42. Что такое устойчивое и неустойчивое равновесие?
43. Что такое точки бифуркации системы?
44. При каком условии можно применять формализм псевдостационарных состояний для описания ферментативной реакции Михаэлиса – Ментен?
45. Какой тип ингибирования конкурентный или неконкурентный обеспечивает большее замедление скорости ферментативной реакции при равных концентрациях ингибитора и одинаковых кинетических параметрах взаимодействия фермента с ингибитором?
46. Что такое изображающая точка? Особая точка?
47. Дайте определение фазовому портрету.
48. Каковы условия формирования особой точки «центр»?
49. Напишите характеристическое уравнение и определите смысл его членов

50. Какой фазовый портрет соответствует положительному значению корней характеристического уравнения?
51. Что такое изоклины? Главные изоклины?
52. Каковы условия возникновения колебаний на фазовой плоскости?
53. Как формулируется простейшая модель Вольтерра?
54. Что такое модель «хищник– жертва»?
55. Перечислите недостатки классической модели Вольтера для описания взаимодействия хищник – жертва. Укажите пути построения более реалистических моделей взаимодействия
56. Что такое точки бифуркации системы?
57. Дайте определение понятию «аттрактор».
58. Каковы типы аттракторов в маломерных моделях?
59. Что такое биологический триггер?
60. Можно ли описать триггерную систему при помощи системы линейных уравнений?
61. Каковы способы переключения между стационарными состояниями в системе триггерного типа? От чего зависит выбор способа переключения?
62. В чем ограниченность и универсальность подхода теории катастроф? Сформулируйте признаки катастроф.
63. Какие области естественных наук вообще и в частности, в биологии, наиболее заинтересованы в применении катастрофических методов?
64. Что такое предвестники катастроф?
65. Приведите пример катастрофы «сборка» в экологии.
66. Приведите примеры автоколебаний в биологических системах.
67. Что такое предельный цикл?
68. Какая бифуркация соответствует возникновению предельного цикла?
69. Каковы условия существования предельного цикла в системе?
70. Перечислите недостатки классической модели Лотки – Вольтера для описания взаимодействия хищник – жертва. Укажите пути построения более реалистических моделей взаимодействия
71. Что такое распределенные системы?
72. Напишите уравнение диффузии для одной координаты
73. Что такое оператор Лапласа?
74. В каком случае диффузионным членом можно пренебречь?
75. Какие режимы могут появиться в распределенных системах?
76. Как коэффициент диффузии зависит от размеров диффундирующих частиц, их молекулярной массы?
77. Как время диффузионного транспорта зависит от расстояния?
78. Почему облегченная диффузия позволяет ускорить транспорт вещества несмотря на значительно больший размер переносчиков по сравнению с размером транспортируемых частиц?
79. Что такое уравнение «реакция-диффузия»?
80. Какие стационарные режимы возникают в распределенных системах? Приведите примеры
81. Как Вы представляете возникновение порядка из хаоса?
82. Сформулируйте основные сценарии перехода к хаосу.
83. Что такое горизонт предсказуемости и каковы принципы прогнозирования в хаосе?
84. Что такое фракталы, и каковы их основные свойства?
85. Фрактальные структуры в природе и динамическом хаосе, в чем причина их повсеместности?
86. Каковы сценарии преодоления хаоса?
87. Что такое странные аттракторы? При каких условиях они возникают?
88. Что общего у фракталов и странных аттракторов?

89. Каковы условия возникновения динамического хаоса?  
90. Что такое размерность Хайсдорфа? Как она определяется?

*Критерии оценивания ответов на контрольные вопросы:*

- 1) полнота и правильность ответа;
- 2) степень осознанности, понимания изученного;
- 3) языковое оформление ответа.

Ответ оценивается на «отлично», если студент: полно излагает изученный материал, дает правильное определение понятий; обнаруживает понимание материала, может обосновать свои суждения, применить знания на практике, привести необходимые примеры не только по учебнику, но и самостоятельно составленные; излагает материал последовательно и правильно с точки зрения норм литературного языка.

Ответ оценивается на «хорошо», если студент даёт ответ, удовлетворяющий тем же требованиям, что и для оценки «отлично», но допускает 1-2 ошибки, которые сам же исправляет, и 1-2 недочёта в последовательности и языковом оформлении излагаемого.

«Удовлетворительно» ставится, если студент обнаруживает знание и понимание основных положений темы, но при этом: излагает материал неполно и допускает неточности в определении понятий или формулировке теорий; не умеет достаточно глубоко и доказательно обосновать свои суждения и привести свои примеры; излагает материал непоследовательно и допускает ошибки в языковом оформлении излагаемого.

Оценка «неудовлетворительно» ставится, если ответ не удовлетворяет требованиям положительной оценки или студент отказывается отвечать на контрольные вопросы

### ***Оценочные материалы для промежуточной аттестации в форме зачета***

Форма промежуточной аттестации - **зачет**. Система оценивания по стобалльной шкале в соответствии с БРС Университета. ОС этого типа должны выявлять степень освоения теоретических знаний как базу для формирования компетенций, умения их применять в ситуациях, моделирующих профессиональную деятельность, а также сформированность компетенции ПК-1, заявленной в п. III.

### **Примерный список вопросов к зачету**

1. Цели и задачи системной экологии. Методы системной экологии, ее место в структуре научного познания.
2. Модели и моделирование как теоретический метод исследований. Цели и задачи моделирования. Особенности биоэкологических систем, которые необходимо учитывать при моделировании.
3. Основные понятия системного анализа. Состав, структура и функция системы. Моделирующие отображение.
4. Классификация моделей. Основные виды математических моделей. Аналитические и численные модели.
5. Основные этапы научного исследования. Взаимосвязь математического моделирования с другими теоретическими и эмпирическими методами.
6. Стационарное состояние. Проблема устойчивости стационарного состояния. Математическое определение устойчивости. Аттракторы и репеллеры.
7. Дифференциальные уравнения: размерность, переменные и параметры системы. Базовые модели.
8. Модели систем, описываемые одним дифференциальным уравнением: аналитическое решение.
9. Качественное исследование устойчивости стационарного состояния систем, описываемых одним дифференциальным уравнением. Критерий устойчивости Ляпунова.
10. Дискретное моделирование систем: разностные модели.

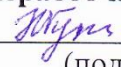
11. Дискретное моделирование систем: матричные модели.
12. Качественное исследование систем двух дифференциальных уравнений: метод фазовых портретов, особая точка, векторное поле направлений траектории системы.
13. Качественное исследование систем двух дифференциальных уравнений: метод изоклин. Главные изоклины. Определение угла пересечения координатных осей фазовыми траекториями.
14. Устойчивость стационарного состояния систем двух дифференциальных уравнений. Характеристическое уравнение, его вывод.
15. Виды устойчивости стационарного состояния в зависимости от корней характеристического уравнения.
16. Бифуркационная диаграмма.
17. Исследование модели линейных химических реакций.
18. Модель химических реакций Лотки, ее качественное исследование
19. Модели взаимодействия двух видов Вольтера. Основные положения, лежащие в основе моделей. Общий вид системы уравнений.
20. Модель «хищник-жертва», ее вид и качественное исследование. Недостатки модели.
21. Триггерные системы, их особенности. Параметрический и силовой способ переключения триггерных систем.
22. Модели взаимодействия 2 двух видов в условиях ограниченного роста. Триггерные свойства модели.
23. Модель Жакоба-Моно как триггерная система.
24. Бифуркация динамических систем. Типы переходов между особыми точками. Топологическая эквивалентность и коразмерность бифуркации. Типы бифуркаций.
25. Бифуркации – катастрофы. Катастрофы «складка» и «сборка». Условия их возникновения и модели для их описания.
26. Предельный цикл – основа автоколебательных процессов в экологических системах. Условия его возникновения и устойчивость. Бифуркация Андронова-Хопфа, ее отображение на бифуркационной диаграмме. Суперкритическая и субкритическая бифуркации.
27. Возникновение предельного цикла в моделях, описывающих экологические системы (на выбор).
28. Редукция числа переменных в моделях. Быстрые и медленные переменные.
29. Динамическое поведение систем дифференциальных уравнений в фазовом пространстве. Странные аттракторы. Динамический хаос. Странные аттракторы в биологических системах.
30. Фракталы и фрактальные множества. Размерность фракталов. Фрактальные свойства биологических систем.

*Критерии оценки:*

Оценка «Зачтено» выставляется студенту, если на вопросы даны правильные и полные ответы, раскрывающие суть рассматриваемой проблемы, ее основных акторов, теоретические положения и пути решения; допускается: ответ правильный, но аргументации недостаточно или даны недостаточно точные ответы.

Оценка «Не зачтено» выставляется студенту, если ответ неправильный или не дан вовсе.

**Разработчик:**

 \_\_\_\_\_ доцент Букин Ю.С.  
(подпись)

Программа составлена в соответствии с требованиями ФГОС ВО по направлению 05.03.06 Экология и природопользование.

Программа рассмотрена на заседании кафедры физико-химической биологии, биоинженерии и биоинформатики 02.04.2026 г. протокол № 11.

Зав. кафедрой, д.б.н., профессор В.П. Саловарова 

***Настоящая программа, не может быть воспроизведена ни в какой форме без предварительного письменного разрешения кафедры-разработчика программы.***