

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации  
НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ  
ТОМСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ (НИ ТГУ)

Институт биологии, экологии, почвоведения, сельского и лесного хозяйства  
(БИОЛОГИЧЕСКИЙ ИНСТИТУТ)

УТВЕРЖДАЮ:  
Директор Биологического института

  
Д.С. Воробьев

« 27 » апрель 20 22 г.

Рабочая программа дисциплины

**Динамика сообществ**

по направлению подготовки

**05.03.06 Экология и природопользование**

Направленность (профиль) подготовки:

**«Экология»**

Форма обучения

**Очная**

Квалификация

**Бакалавр**

Год приема

**2022**

Код дисциплины в учебном плане: Б1.В.ДВ.06.02

СОГЛАСОВАНО:

Руководитель ОП

  
А.М. Адам

Председатель УМК

  
А.Л. Борисенко

Томск – 2022

## **1. Цель и планируемые результаты освоения дисциплины (модуля)**

Целью освоения дисциплины является формирование следующих компетенций:

– ОПК-2 – способен использовать теоретические основы экологии, геоэкологии, природопользования, охраны природы и наук об окружающей среде в профессиональной деятельности.

– ПК-1 – способен осуществлять научно-исследовательскую деятельность в области экологии, охраны окружающей среды и природопользования.

Результатами освоения дисциплины являются следующие индикаторы достижения компетенций:

– ИОПК-2.1. Использует теоретические основы экологии, геоэкологии, охраны окружающей среды и природопользования при решении задач в профессиональной деятельности.

– ИПК-1.1. Определяет проблему, формулирует цели и задачи научного исследования, анализирует источники информации и литературы.

## **2. Задачи освоения дисциплины**

– Знать базовые теоретические основы общей экологии и динамики популяций и сообществ.

– Освоить методы вычисления основных экологических динамических параметров, описывающих межпопуляционные характеристики видов и их взаимоотношения с абиотическими факторами окружающей среды.

– Знать основы оценки воздействия абиотических факторов окружающей среды на динамические межпопуляционные характеристики видов, способность излагать, критически анализировать и представлять базовую информацию в области экологии и охраны окружающей среды.

– Уметь выстроить дизайн эксперимента или организовать сбор данных в природной среде для учета межпопуляционных характеристик видов и параметров их взаимодействия с факторами окружающей среды.

## **3. Место дисциплины (модуля) в структуре образовательной программы**

Дисциплина относится к части образовательной программы, формируемой участниками образовательных отношений, предлагается обучающимся на выбор.

## **4. Семестр(ы) освоения и форма(ы) промежуточной аттестации по дисциплине**

Семестр 6, зачет.

## **5. Входные требования для освоения дисциплины**

Представленная дисциплина базируется на знаниях и владениях приемов математического моделирования, умения решать интегральные уравнения и другие задачи, имеющие отношение к динамическим моделям, анализировать научную литературу и проводить поиск информации в интернет-ресурсах.

Для успешного освоения дисциплины требуются результаты обучения по следующим дисциплинам: высшая математика, математическая статистика, экология.

## **6. Язык реализации**

Русский

## **7. Объем дисциплины (модуля)**

Общая трудоемкость дисциплины составляет 3 з.е., 108 часов, из которых:

– лекции: 28 ч.;

- семинарские занятия: 8 ч.;
  - лабораторные работы: 16 ч.
- в том числе практическая подготовка: 10 ч.  
Объем самостоятельной работы студента определен учебным планом.

## **8. Содержание дисциплины (модуля), структурированное по темам**

Тема 1. Типы взаимоотношений между видами в сообществах

Типы взаимоотношений между видами в сообществах. Их представление в виде графов и альфа-матриц. Замкнутые экосистемы. Представление в виде графов. Основные характеристики и теоремы. Динамика потоков вещества и энергии в экосистемах. Понятие экономического коэффициента. Понятие маршрута потока вещества в экосистеме. Негэнтропийный принцип жизни и структура сообществ.

Тема 2. Аксиомы Вольтера. Вольтеровские модели взаимодействия двух видов

Аксиомы Вольтера о динамике взаимодействующих популяций и их математические следствия. Вольтеровские модели взаимодействия двух видов. Двувидовая модель конкуренции. Общий вид уравнений и нахождение стационарных решений.

Тема 3. Понятие фазовой плоскости, фазовой траектории и фазового портрета экосистемы. Особые точки. Устойчивость по Ляпунову. Изоклины.

Понятие фазовой плоскости, фазовой траектории и фазового портрета экосистемы. Методы построения фазовых портретов и их использования для анализа динамики экосистем. Особые точки фазового портрета и их анализ на устойчивость по Ляпунову. Типы особых точек на фазовых портретах в вольтеровской модели конкуренции двух видов. Изоклины и их использование для построения фазовых портретов экосистем.

Тема 4. Типы динамических сценариев в вольтеровских моделях конкуренции

Типы динамических сценариев в вольтеровских моделях конкуренции. Вольтеровская модель конкуренции в терминах Ферхюльстовой динамики. Уравнения, параметры, изоклины, фазовые портреты. Общий вид моделей конкуренции для  $n$ -видов.

Тема 5. Системы "хищник-жертва". Модель Вольтера-Лотки

Системы "хищник-жертва". Модель Вольтера-Лотки. Общий вид уравнений, стационарное решение и его анализ на устойчивость. Колебания в системе "хищник-жертва" по Вольтера-Лотки. Доказательство их гармонического характера. Определение частоты и периода колебаний. Метод построения фазового портрета в системе Вольтера-Лотки "хищник-жертва". Вывод первого интеграла и его применение для построения фазовых траекторий.

Тема 6. Обобщение модели Вольтера "хищник-жертва". Бифуркации в модели "хищник-жертва" Вольтера-Лотки

Обобщение модели Вольтера "хищник-жертва". Основные сценарии. Бифуркации в модели "хищник-жертва" Вольтера-Лотки. Современные модели "хищник-жертва". Трофические функции хищника и функции конкуренции. Общий вид функций выедания. Размножение и смертность хищника. Пример сложной модели.

Тема 7. Модель Розенцвейга-Мак-Артура "хищник-жертва" и ее анализ

Модель Розенцвейга-Мак-Артура "хищник-жертва" и ее качественный анализ с использованием изоклин. Понятие предельного цикла как аттрактора фазовых траекторий. Обобщенный качественный подход Мак-Артура-Розенцвейга к анализу фазовых портретов в системах "хищник-жертва" с помощью изоклин.

Тема 8. Трехвидовые системы "хищник и две жертвы"

Трехвидовые системы "хищник и две жертвы". Общий вид уравнений, типы динамического поведения, условия сосуществования видов в такой системе. Виды аттракторов в динамике сообществ. Бифуркационные переходы между ними. Понятие детерминированного хаоса и его роль в динамике экосистем.

Тема 9. Вольтеровская модель симбиоза

Вольтеровская модель симбиоза. Уравнения и фазовые портреты. Вольтеровские модели сообществ общего вида. Вид уравнений и типы динамических режимов.

Тема 10. Потоки вещества в сообществах

Потоки вещества в сообществах и число составляющих их видов. Зависимость от температуры и географической широты.

Тема 11. Статистико-информационная оценка биоценотических связей

Методика сбора полевых данных. Регрессионный анализ биоценотических связей. Регрессионный анализ систем «хищник-жертва» на примере модели персиковая тля–афидофаги. Статистическая модель афидоагробиоценокомплекса.

## **9. Текущий контроль по дисциплине**

Текущий контроль по дисциплине проводится путем контроля посещаемости, проработки списка дополнительных вопросов по темам дисциплины, лабораторной работы, решения задач и фиксируется в форме контрольной точки не менее одного раза в семестр.

## **10. Порядок проведения и критерии оценивания промежуточной аттестации**

Зачет проводится в устной форме по билетам. Билет содержит один теоретический и один практический вопросы. Продолжительность зачета – 30 мин.

Примерный перечень теоретических вопросов промежуточной аттестации:

1. Замкнутые экосистемы. Представление в виде графов. Основные характеристики и теоремы.
2. Типы взаимоотношений между видами в сообществах. Их представление в виде графов и альфа-матриц.
3. Негэнтропийный принцип жизни и структура сообществ.
4. Аксиомы Вольтера о динамике взаимодействующих популяций и их математические следствия. Вольтеровские модели взаимодействия двух видов. Двухвидовая модель конкуренции. Общий вид уравнений и нахождение стационарных решений.
5. Понятие фазовой плоскости, фазовой траектории и фазового портрета экосистемы. Методы построения фазовых портретов и их использования для анализа динамики экосистем.
6. Особые точки фазового портрета и их анализ на устойчивость по Ляпунову.
7. Типы особых точек на фазовых портретах в вольтеровской модели конкуренции двух видов.
8. Изоклины и их использование для построения фазовых портретов экосистем. Типы динамических сценариев в вольтеровских моделях конкуренции. Продемонстрировать с использованием изоклин.
9. Вольтеровская модель конкуренции в терминах Ферхюльстовой динамики. Уравнения, параметры, изоклины, фазовые портреты.
10. Системы "хищник-жертва". Модель Вольтера-Лотки. Общий вид уравнений, стационарное решение и его анализ на устойчивость.
11. Колебания в системе "хищник-жертва" по Вольтерра-Лотки. Доказательство их гармонического характера. Определение частоты и периода колебаний.
12. Обобщение модели Вольтера "хищник-жертва". Основные сценарии (показать с использованием изоклин). Бифуркации в модели "хищник-жертва" Вольтера-Лотки.
13. Современные модели "хищник-жертва". Трофические функции хищника и функции конкуренции. Общий вид функций выедания. Размножение и смертность хищника. Пример сложной модели.
14. Модель Розенцвейга-Мак-Артура "хищник-жертва" и ее качественный анализ с использованием изоклин. Понятие предельного цикла как аттрактора фазовых траекторий.

15. Обобщенный качественный подход Мак-Артура-Розенцвейга к анализу фазовых портретов в системах "хищник-жертва" с помощью изоклин.
16. Трехвидовые системы "хищник и две жертвы". Общий вид уравнений, типы динамического поведения, условия сосуществования видов в такой системе.
17. Виды аттракторов в динамике сообществ. Бифуркационные переходы между ними. Понятие детерминированного хаоса и его роль в динамике экосистем.
18. Вольтеровская модель симбиоза. Уравнения и фазовые портреты (продемонстрировать с использованием изоклин).
19. Вольтеровские модели сообществ общего вида. Вид уравнений и типы динамических режимов.
20. Потoki вещества в сообществах и число составляющих их видов. Зависимость от температуры и географической широты.

Примерный перечень практических вопросов промежуточной аттестации:

1. Исходя из заданных параметров уравнения Вольтера, нарисуйте динамики двух конкурирующих видов.
2. Найдите удельную скорость размножения популяций и определите характер их взаимоотношений, исходя из представленных данных.
3. Нарисуйте фазовый портрет для модели "хищник-жертва" Вольтера-Лотки по заданным параметрам.
4. Определите, исходя из заданных условий, период колебаний, амплитуду и частоту для модели "хищник-жертва" Вольтера-Лотки.
5. Нарисуйте фазовый портрет для модели Розенцвейга-Мак-Артура "хищник-жертва". Охарактеризуйте его.
6. Определите положение изоклин на фазовом портрете модели Розенцвейга-Мак-Артура "хищник-жертва". Обоснуйте.
7. Отобразите в виде графов и альфа-матрицы взаимодействие ряда популяций в замкнутой экосистеме на примере аквариума, состоящего из хлореллы, двух видов растений, трех видов рыб, одна из которых употребляет в пищу только хлореллу, а два других только растения.

Результаты устного зачета определяются оценками «зачтено», «незачтено».

Итоговая оценка по дисциплине, состоит из оценки за самостоятельную работу (текущий контроль), и устного зачета (промежуточная аттестация). По каждому из видов заданий текущего контроля выставляется оценка «зачтено», если учащийся выполнил или отразил в работе не менее 70% от планируемого объема материала. Планируемый объем оглашается заранее и выражается в 100% (максимально возможное количество правильных ответов (вопросы и задачи). При формировании устного ответа во время сдачи зачета обучающимся необходимо продемонстрировать знания, полученные как во время лекционной части курса, так и во время практических и лабораторных занятий и при самостоятельном проработке тем курса, представленных в ответах на вопросы текущего контроля.

Критерии и шкалы оценивания устного ответа:

Критерий	Описание	Шкала оценивания
Знание теоретической части курса.	В процессе ответа студент демонстрирует теоретические знания по теме билета.	Да – 3 балла. Частично – 1–2 балла. Нет – 0 баллов.
Связь теории с практикой.	При ответе на практическую часть вопроса студент обосновывает выбор метода теоретическими знаниями.	Да – 3 балла. Частично – 1–2 балла. Нет – 0 баллов.
Владение основными понятиями.	Студент грамотно использует в своей речи основные	Да – 2 балла. Частично – 1 балл.

	определения и термины, изученные в курсе.	Нет – 0 баллов.
Владение практическими методами.	Студент приводит алгоритм решения практического вопроса билета, опираясь на знания и умения, полученные во время лабораторных и практических занятий, несет ответственность за результаты.	Да – 3–4 балла. Частично – 1–2 балла. Нет – 0 баллов.

Оценку «зачтено» получают студенты, успешно сдавшие все задания текущей аттестации и набравшие 4–8 баллов при ответе на вопросы билета, студенты не сдавшие задания текущего контроля к зачету не допускаются.

### 11. Учебно-методическое обеспечение

а) Электронный учебный курс по дисциплине в электронном университете «Moodle» – <https://moodle.tsu.ru/course/view.php?id=21743>.

б) Оценочные материалы текущего контроля и промежуточной аттестации по дисциплине.

в) План семинарских / практических занятий по дисциплине.

### 12. Перечень учебной литературы и ресурсов сети Интернет

а) основная литература:

Плугахин Г. А. Биофизика / Г. А. Плугахин, А. Г. Кошаев. – СПб. : Изд-во "Лань", 2012. – 240 с.

Ризниченко Г. Ю. Лекции по математическим моделям в биологии / Г. Ю. Ризниченко. – М. : Изд-во РХД, 2011. – 560 с.

Евдокимов Е. В. Динамика популяций в задачах и решениях: Учеб. пособие. – Томск: Томский государственный университет, 2001. – 73 с.

Мятлев В. Д. Теория вероятностей и математическая статистика. Математические модели / В. Д. Мятлев, Л. А. Панченко, Г. Ю. Ризниченко, А. Т. Терёхин. – М. : Изд-во Юрайт, 2018. – 321 с.

Плюснина Т. Ю. Математические модели в биологии: Учебное пособие / Т. Ю. Плюснина, П. В. Фурсова, А. Н. Дьяконова, Л. Д. Тёрлова, Г. Ю. Ризниченко. – М.-Ижевск : НИЦ: «Регулярная и хаотическая динамика», 2021. – 174 с.

Разжевайкин В. Н. Модели динамики популяций. Научное издание / В. Н. Разжевайкин. – М. : Вычислительный центр им. А. А. Дородницына РАН, 2006. – 88 с.

Биофизика: учеб. для студентов ВУЗов / В. Ф. Антонов и др.; под ред. В. Ф. Антонова. – М. : Гуманитар. изд. центр ВЛАДОС, 2006. – 287 с.

Бирюков В. В. Основы промышленной биотехнологии / В. В. Бирюков. – М. : КолосС, 2004. – 258 с.

Ризниченко Г. Ю. Биофизическая динамика продукционных процессов / Г. Ю. Ризниченко. – М. Ин-т компьютерных исслед., 2004. – 463 с.

б) дополнительная литература:

Волькенштейн М. В. Биофизика.: Учебные пособия. – Электрон.дан. — СПб. : Лань, 2012. – 608 с.

Иванов И. В. Сборник задач по курсу основы физики и биофизики: Учебные пособия. – СПб. : Лань, 2012. – 128 с.

Ризниченко Г. Ю. Математические модели биологических продукционных процессов / Г. Ю. Ризниченко, А. Б. Рубин. – М. : Изд-во Московского университета, 1993. Главы 2, 6.

- Полужтков Р. А. Динамические модели экологических систем / Р. А. Полужтков, Ю. А. Пых, И. А. Швыгов. – Л. : Гидрометеиздат, 1980. – 288 с.
- Базыкин А. Д. Математическая биофизика взаимодействующих популяций. – М. : Наука, 1985. – 182 с.
- Рубин А. Б. Лекции по биофизике: Учебное пособие. – М. : Изд-во МГУ, 1994. – 160 с.
- Свирижев Ю. М. Устойчивость биологических сообществ / Ю. М. Свирижев, Д. О. Логофет. – М. : Наука, 1978. – 352 с.
- Солбриг О. Популяционная биология и эволюция / О. Солбриг, Д. Солбриг. – М. : Мир, 1982. – 315 с.

- в) ресурсы сети Интернет:
- <http://elibrary.ru> – Научная электронная библиотека
- <http://lib.prometeu.org> – Публичная электронная библиотека «Прометей»
- <http://www.scholar.ru> – Поиск научных публикаций
- <http://www.ccas.ru/razz/models.pdf> – Разжевайкин В.Н. Модели динамики популяций. Научное издание
- <http://macroevolution.narod.ru/hzh.htm> – Раутиан А.С., Сенников А.Г. Отношения хищник-жертва в филогенетическом масштабе времени
- <http://dereksiz.org/modele-voleterra-lotki.html> – Модель Вольтерра Лотки

### **13. Перечень информационных технологий**

- а) лицензионное и свободно распространяемое программное обеспечение:
- Microsoft Office Standart 2013 Russian: пакет программ. Включает приложения: MS Office Word, MS Office Excel, MS Office PowerPoint, MS Office On-eNote, MS Office Publisher, MS Outlook, MS Office Web Apps (Word Excel MS PowerPoint Outlook);
- публично доступные облачные технологии (Google Docs, Яндекс диск и т.п.).
- б) информационные справочные системы:
- Электронный каталог Научной библиотеки ТГУ – <http://chamo.lib.tsu.ru/search/query?locale=ru&theme=system>
- Электронная библиотека (репозиторий) ТГУ – <http://vital.lib.tsu.ru/vital/access/manager/Index>
- ЭБС Лань – <http://e.lanbook.com/>
- ЭБС Консультант студента – <http://www.studentlibrary.ru/>
- Образовательная платформа Юрайт – <https://urait.ru/>
- ЭБС ZNANIUM.com – <https://znanium.com/>
- ЭБС IPRbooks – <http://www.iprbookshop.ru/>

### **14. Материально-техническое обеспечение**

- Аудитории для проведения занятий лекционного типа.
- Аудитории для проведения практических занятий, индивидуальных и групповых консультаций, текущего контроля и промежуточной аттестации.
- Помещения для самостоятельной работы, оснащенные компьютерной техникой и доступом к сети Интернет, в электронную информационно-образовательную среду и к информационным справочным системам.

### **15. Информация о разработчиках**

- Минаева Оксана Модестовна, канд. биол. наук, доцент, кафедра сельскохозяйственной биологии БИ ТГУ, доцент.