

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

Институт биологии, экологии, почвоведения, сельского и лесного хозяйства  
(Биологический институт)

УТВЕРЖДЕНО:

Директор

Д. С. Воробьев

Рабочая программа дисциплины

**Динамика популяций**

по направлению подготовки

**05.03.06 Экология и природопользование**

Направленность (профиль) подготовки:

**Экология**

Форма обучения

**Очная**

Квалификация

**Бакалавр**

Год приема

**2024**

СОГЛАСОВАНО:

Руководитель ОП

А.М. Адам

Председатель УМК

А.Л. Борисенко

Томск – 2024

## **1. Цель и планируемые результаты освоения дисциплины**

Целью освоения дисциплины является формирование следующих компетенций:

ОПК-1 Способен применять базовые знания фундаментальных разделов наук о Земле, естественно-научного и математического циклов при решении задач в области экологии и природопользования.

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 природопользовании.

Результатами освоения дисциплины являются следующие индикаторы достижения компетенций:

ИОПК-1.2 Выявляет общие закономерности развития окружающей среды, современные экологические проблемы и проблемы рационального природопользования

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.

– Освоить методы вычисления основных экологических динамических параметров, описывающих популяционные характеристики вида и его взаимоотношение с абиотическими факторами окружающей среды.

– Знать основы оценки воздействия абиотических факторов окружающей среды на динамические популяционные характеристики вида, 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 популяционных характеристик вида и параметров его взаимодействия с факторами окружающей среды.

## **3. Место дисциплины в структуре образовательной программы**

Дисциплина относится к Блоку 1 «Дисциплины (модули)».

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**

Пятый семестр, зачет

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

Представленная дисциплина базируется на знаниях и владениях приемов математического моделирования, умении 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: математика, математическая статистика, общая экология.

## **6. Язык реализации**

Русский

## **7. Объем дисциплины**

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

-лекции: 22 ч.

-практические занятия: 18 ч.

Объем самостоятельной работы студента определен учебным планом.

## **8. Содержание дисциплины, структурированное по темам**

Тема 1 Понятие динамической системы.

Понятие динамической системы. Типы дифференциальных и разностных уравнений, описывающих динамические системы. Популяции как динамические системы.

Тема 2 Поведение популяции в нелимитированных условиях.

Популяция в нелимитированных условиях. Синхронное размножение и соответствующее ему разностное динамическое уравнение. Понятие периода удвоения численности популяции. Условия, при которых возможно применение дифференциальных уравнений для описания динамики популяций. Дифференциальное уравнение Мальтуса для нелимитированного роста популяции и его решение в логарифмической и экспоненциальной форме. Понятие мальтузианского параметра как центрального в динамике популяций. Определение мальтузианского параметра по численным рядам наблюдений с использованием логарифмической линеаризации данных.

Тема 3 Ограничение численности популяции различными ресурсами.

Ограничение численности популяции различными ресурсами. Ферхюльстово приближение динамики популяции с ресурсным ограничением. Логистическое дифференциальное уравнение и его параметры. Квадратичный член в логистическом уравнении отражает либо внутривидовую конкуренцию за ресурс, либо эпидемиологический контроль численности. Решение логистического уравнения. Определение мальтузианского параметра и максимальной численности популяции в ферхюльстовом приближении по численным рядам наблюдений с использованием линеаризованной формы логистического уравнения.

Тема 4 Динамика популяций, подверженных различным видам промысла.

Динамика популяций, подверженных различным видам промысла. Пропорциональный и постоянный промысел. Дифференциальное логистическое уравнение для популяции, подверженной промыслу. Критические параметры промысла, критические численности популяции. Введение понятия динамической катастрофы на примере динамики популяции с промыслом как бифуркации вида решений дифференциального уравнения.

Тема 5 Ограничение скорости размножения различными субстратами.

Ограничение скорости размножения различными субстратами. Принцип Либиха в аспекте динамики популяций. Уравнение Моно для описания зависимости мальтузианского параметра от "концентрации" лимитирующего субстрата. Параметры уравнения Моно и их биологический смысл. Модификации уравнения Моно. Постановка экспериментов по определению параметров уравнения Моно. Применение метода Корниша-Боудена для обработки результатов экспериментов. Влияние абиотических факторов среды на скорость размножения популяции.

Тема 6 Ингибирование размножения.

Ингибирование размножения. Конкурентное и неконкурентное ингибирование. Уравнение Иерусалимского, его параметры и их биологический смысл. Постановка экспериментов по определению параметров ингибирования роста. Использование

линеаризованных форм уравнения Иерусалимского для обработки результатов экспериментов.

Тема 7 Базовое уравнение популяционной динамики.

Базовое уравнение популяционной динамики. Его параметры и анализ решения. Стационарные состояния, их анализ.

Тема 8 Динамика популяций с неперекрывающимися поколениями.

Динамика популяций с неперекрывающимися поколениями. Использование разностных уравнений и отображений для описания популяционной динамики. Отображения Ферхюльста, Риккера и Хассела. Анализ динамического поведения. Различные динамические режимы: стационарное состояние, колебания с постоянным периодом, стохастические колебания. Понятие о динамическом хаосе.

Тема 9 Основы демографии.

Кривые выживаемости, смертности и плодовитости. Их типы и анализ.

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

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

Оценочные материалы текущего контроля размещены на сайте ТГУ в разделе «Информация об образовательной программе» - <https://www.tsu.ru/sveden/education/eduop/>.

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

Зачет проводится в устной форме по билетам. Билет содержит один теоретический и один практический вопросы.

Примерный перечень теоретических вопросов промежуточной аттестации:

1. Популяция в нелимитированных условиях. Синхронное размножение и соответствующее ему разностное динамическое уравнение. Понятие периода удвоения численности популяции.
2. Дифференциальное уравнение Мальтуса для нелимитированного роста популяции и его решение в логарифмической и экспоненциальной форме. Понятие мальтузианского параметра как центрального в динамике популяций.
3. Определение мальтузианского параметра по численным рядам наблюдений с использованием логарифмической линеаризации данных.
4. Ограничение численности популяции различными ресурсами. Ферхюльстово приближение динамики популяции с ресурсным ограничением. Логистическое дифференциальное уравнение и его параметры.
5. Определение мальтузианского параметра и максимальной численности популяции в ферхюльстовом приближении по численным рядам наблюдений с использованием линеаризованной формы логистического уравнения.
6. Динамика популяций, подверженных различным видам промысла. Пропорциональный и постоянный промысел. Дифференциальное логистическое уравнение для популяции, подверженной промыслу.
7. Ограничение скорости размножения различными субстратами. Принцип Либиха в аспекте динамики популяций.
8. Уравнение Моно для описания зависимости мальтузианского параметра от "концентрации" лимитирующего субстрата. Параметры уравнения Моно и их биологический смысл.
9. Применение метода Корниша-Бюдена для обработки результатов экспериментов по нахождению параметров уравнения Моно.
10. Ингибирование размножения. Конкурентное и неконкурентное ингибирование. Уравнение Иерусалимского, его параметры и их биологический смысл.

11. Постановка экспериментов по определению параметров ингибирования роста. Использование линеаризованных форм уравнения Иерусалимского для обработки результатов экспериментов.
12. Базовое уравнение популяционной динамики. Его параметры и анализ решения. Стационарные состояния, их анализ.
13. Динамика популяций с перекрывающимися поколениями. Отображения Ферхюльста, Рикера и Хассела.
14. Различные динамические режимы: стационарное состояние, колебания с постоянным периодом, стохастические колебания. Понятие о динамическом хаосе.

Примерный перечень практических вопросов промежуточной аттестации:

1. С целью изучения динамики эвтрификации водоемов, загрязненных минеральными удобрениями, в пяти прудах моделировали размножение сине-зеленых водорослей в нелимитированных условиях. Полученные данные об изменении численности популяции водорослей в каждом пруду представлены в таблице (Таблица прилагается). На основе этих данных определить для популяции водорослей в каждом пруду значение мальтузианского параметра  $r$  (удельной скорости размножения) и период удвоения  $T$ . Найти также соответствующие медианы по полученным выборкам  $r$  и  $T$ .
2. С целью определения кинетики размножения популяции бактерий *Escherichia coli* (кишечная палочка) изучали рост и размножение клеток данных бактерий при различных концентрациях лимитирующего субстрата, глицерина. Клетки выращивали при оптимальных условиях и через каждые полчаса измеряли оптическую плотность культуры (показатель, отражающий численность популяции). Полученные в результате эксперимента данные представлены в таблице (Таблица прилагается). Определить на основе представленных экспериментальных данных кинетические параметры размножения клеток кишечной палочки (параметры уравнения Моно,  $r_{\max}$  и  $K_S$ ).
3. В 1937 г. на остров Протекшен у побережья штата Вашингтон завезли двух самцов и шесть самок обыкновенного фазана (*Phasianus colchicus*). За пять лет численность популяции фазана достигла 1325 размножающихся особей, т.е. возросла в 166 раз. Судя по некоторым признакам, рост этой популяции происходит по логистической кривой. От двух самцов и шести самок, привезенных на остров в 1937 г., она возросла до 30 особей к весне 1938 г., до 81 – в 1939 г., до 282 – в 1940 г., 641 – в 1941 г., 1194 – в 1942 г. и до 1898 – в 1943 г., когда на остров прибыли военные части, и солдаты начали охотиться на фазанов. Используя приведенные данные о росте численности популяции фазанов, найти для этой популяции значения параметров логистического уравнения Ферхюльста: мальтузианского параметра  $r$  и ресурсного параметра  $K$ .
4. В Кузнецком Алатау на одном из охотучастков велась добыча соболя. Через некоторое время охотоведы заметили резкое снижение численности популяции. Когда численность соболя на участке упала ниже известной критической величины, был сделан вывод о неконтролируемом браконьерском промысле. Контролируемый промысел был остановлен, и был организован ежегодный учет численности популяции соболя. Данные представлены в таблице (Таблица прилагается). Определите, сколько соболей в год браконьеры добывали на данном участке, каковы кинетические параметры популяции соболей на данном участке, какова критическая численность популяции в условиях браконьерства и какова критическая величина промысла.
5. Изучали кинетику размножения богомола. Исходя из предположения о пропорциональности между интенсивностью поедания пищи и скоростью размножения, измеряли зависимость между плотностью распределения пищи (мух) и количеством пищи, съеденной в единицу времени одной особью. Данные представлены в таблице (Таблица прилагается). Определить по представленным

данным кинетические параметры интенсивности поедания пищи богомолем, а также плотность распределения пищи, мух, при которой скорость размножения популяции богомола будет равна половине от максимальной.

6. Для определения кинетики ингибирующего влияния ионов лития на процесс размножения дрозофил на личиночной стадии измеряли процент выплода взрослых мух (имаго) из определенного количества отложенных яиц в зависимости от концентрации лития в питательной среде для личинок. Данные представлены в таблице (Таблица прилагается). Проанализировать полученные результаты и определить необходимые кинетические параметры, характеризующие влияние ионов лития на процесс размножения дрозофил.
7. В Ханты-Мансийском автономном округе на Южно-Сургутском нефтепромысле методами биотехнологии проводили очистку участков почвы от нефтяных загрязнений. После завершения рекультивационных работ проверяли остаточную токсичность почвы для растений путем высева луговых трав и определения всхожести их семян. В таблице (Таблица прилагается) представлены такие данные для мятлика *Poa sibirica*. Определить по представленным данным кинетику ингибирования всхожести семян мятлика остаточными нефтепродуктами.

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

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, решение 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 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 определения и термины, изученные в курсе.	Да – 2 балла. Частично – 1 балл. 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, получают дополнительные вопросы по соответствующим темам.

Оценочные материалы для проведения промежуточной аттестации размещены на сайте ТГУ в разделе «Информация об образовательной программе» - <https://www.tsu.ru/sveden/education/eduop/>.

## 11. Учебно-методическое обеспечение

а) Электронный учебный курс по дисциплине в электронном университете «Moodle» - <https://moodle.tsu.ru/course/view.php?id=21754>.

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:

Плутахин Г. А. Биофизика / Г. А. Плутахин, А. Г. Кощаев. – 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.

Полуэктов Р. А. Динамические модели экологических систем / Р. А. Полуэктов, Ю. А. Пых, И. А. Швытов. – 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.botsad.ru/p\\_papers26.htm](http://www.botsad.ru/p_papers26.htm) – Москалюк Т.А. Лекция 7. Популяции: структура и динамика  
<http://www.ccas.ru/razz/models.pdf> – Разжевайкин В.Н. Модели динамики популяций. Научное издание  
<http://spkurdyumov.ru/RizLek3/Lek3.htm> – Ризниченко Г.Ю. Лекция 3 Модели роста популяций  
<http://www.consultant.ru> – Общероссийская Сеть КонсультантПлюс Справочная правовая система.

### **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 занятий семинарского типа, 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.