

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

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

УТВЕРЖДАЮ:

Директор Биологического института



Д.С. Воробьев

20 23 г.

Рабочая программа дисциплины

Математическое моделирование в биологии

по направлению подготовки

06.03.01 Биология

Направленность (профиль) подготовки:

«Биология»

Форма обучения

Очная

Квалификация

Бакалавр

Год приема

2023

Код дисциплины в учебном плане: Б1.В.ДВ.04.02

СОГЛАСОВАНО:

Руководитель ОП

Д.С. Воробьев

Председатель УМК

А.Л. Борисенко

Томск – 2023

1. Цель и планируемые результаты освоения дисциплины (модуля)

Целью освоения дисциплины является формирование следующих компетенций:

– ОПК-6 – Способен использовать в профессиональной деятельности основные законы физики, химии, наук о Земле и биологии, применять методы математического анализа и моделирования, теоретических и экспериментальных исследований, приобретать новые математические и естественнонаучные знания, используя современные образовательные и информационные технологии

- ПК-1 - Способен участвовать в исследовании биологических систем и их компонентов, планировать этапы научного исследования, проводить исследования по разработанным программам и методикам, оптимизировать методики под конкретные задачи

Результатами освоения дисциплины являются следующие индикаторы достижения компетенций:

ИОПК-6.2 – Применяет методы математического анализа и моделирования, теоретических и экспериментальных исследований

ИОПК-6.3 – Приобретает новые математические и естественно-научные знания, используя современные образовательные и информационные технологии

ИПК-1.2. Проводит анализ и теоретическое обобщение научных данных, результатов экспериментов и наблюдений в соответствии с задачами исследования.

2. Задачи освоения дисциплины

– Понимать математические формулы.

– Определять закономерности и связи в данных.

– Уметь решать типовые дифференциальные уравнения в составе математических моделей.

– Уметь находить примеры математических моделей в литературе и проводить их исследование.

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 5, зачет.

5. Входные требования для освоения дисциплины

Для успешного освоения дисциплины требуются компетенции, сформированные в ходе освоения образовательных программ предшествующего уровня образования.

Для успешного освоения дисциплины требуются результаты обучения по следующим дисциплинам: «Статистика», «Математика», «Биохимия».

6. Язык реализации

Русский

7. Объем дисциплины (модуля)

Общая трудоемкость дисциплины составляет 2 з.е., 72 часа, из которых:

– лекции: 6 ч.;

– семинарские занятия: 0 ч.

– практические занятия: 28 ч.;

– лабораторные работы: 0 ч.

в том числе практическая подготовка: 0 ч.
Объем самостоятельной работы студента определен учебным планом.

8. Содержание дисциплины (модуля), структурированное по темам

Тема 1. Введение. Математические модели в биологии.

Понятие модели. Объекты, цели и методы моделирования. Модели в разных науках. Компьютерные и математические модели. История первых моделей в биологии. Современная классификация моделей биологических процессов. Регрессионные, имитационные, качественные модели. Принципы имитационного моделирования и примеры моделей. Специфика моделирования живых систем

Тема 2. Модели биологических 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. Решение линейного дифференциального уравнения. Примеры: экспоненциальный рост, логистический рост.

Тема 3. Модели, описываемые системой дифференциальных уравнений.

Основные понятия. Фазовая плоскость и фазовый портрет. Метод изоклин. Устойчивость стационарного состояния. Исследование систем двух линейных уравнений. Характеристическое уравнение. Бифуркационная диаграмма. Системы двух нелинейных дифференциальных уравнений. Метод Ляпунова линеаризации системы в окрестности стационарного состояния. Кинетические уравнения Лотки. Модель Вольтерра. Проблема быстрых и медленных переменных. Иерархия времен. Метод квазистационарных концентраций. Теорема Тихонова. Фермент-субстратная реакция Михаэлиса-Ментен. Мультистационарность. Фазовый портрет мультистационарной системы. Типы переключения триггера. Отбор одного из равноправных видов. Колебания в биологических системах. Автоколебания и предельные циклы. Устойчивость предельных циклов. Брюсселятор. Колебания в гликолизе. Динамический хаос. Система Лоренца. Детерминированный хаос. Линейный анализ устойчивости траекторий. Диссипативные системы. Динамический хаос в сообществе из трех видов.

9. Текущий контроль по дисциплине

Текущий контроль по дисциплине проводится путем контроля посещаемости, проведения контрольных работ, тестов по лекционному материалу, выполнения домашних заданий и фиксируется в форме контрольной точки не менее одного раза в семестр.

10. Порядок проведения и критерии оценивания промежуточной аттестации

Зачет в пятом семестре проводится в дистанционной форме по вопросам. Перечень вопросов содержит теоретические вопросы по лекции и по одному из практической части. Продолжительность зачета 1,5 часа.

Примерный перечень теоретических вопросов

1. Введение. Классификация моделей.
2. Модели, описываемые одним дифференциальным уравнением. Понятие стационарного состояния. Устойчивость.

3. Модели роста популяций. Экспоненциальный рост. Логистический рост. Модель с наименьшей критической численностью. Дискретные модели популяций с неперекрывающимися поколениями (дискретная логистическая модель). Возрастная матрица Лесли.

4. Модели, описываемые системами двух автономных дифференциальных уравнений. Фазовая плоскость. Типы особых точек. Бифуркационная диаграмма. Пример: система линейных уравнений для химических реакций.

5. Исследование устойчивости стационарных состояний нелинейных систем второго порядка. Линеаризация в окрестности стационарного состояния. Примеры: Системы уравнений Лотки и Вольтерра.

6. Мультистационарные системы. Переключение триггера. Отбор одного из равноправных видов. Триггер Жакоба и Моно. Триггерные системы в ферментативном катализе. Иерархия времен. Принцип «узкого места»

7. Колебания в биологических системах. Понятие предельного цикла. Модельные системы мягкого и жесткого рождения предельного цикла. Примеры. Колебания в темновых процессах фотосинтеза. Колебания в гликолизе. Динамический хаос.

8. Модели взаимодействия популяций. Вольтерровские модели: модели конкуренции и хищник-жертва. Обобщенные модели Колмогорова, МакАртура, Базыкина. Структура параметрических портретов.

9. Распределенные системы. Активные автоволновые среды. Уравнение диффузии. Решение уравнения диффузии. Система реакция-диффузия. Неустойчивость гомогенного стационарного состояния. Распространение волны в системах с диффузией.

10. Система реакция-диффузия для двух уравнений. Исследование устойчивости гомогенного стационарного состояния. Типы неустойчивостей. Распределенная система «Брюсселятор» как модель активной среды

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

11. Учебно-методическое обеспечение

а) Электронный учебный курс по дисциплине в электронном университете «Moodle» - <https://moodle.tsu.ru/course/view.php?id=3766>

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

12. Перечень учебной литературы и ресурсов сети Интернет

а) основная литература:

– Динамические модели процессов в клетках и субклеточных наноструктурах : [сборник работ / под общ. ред. Г. Ю. Ризниченко и А. Б. Рубина. - Москва [и др.] : Ин-т компьютерных исслед. [и др.], 2010. - 447 с.: ил., табл.- (Биофизика. Математическая биология)

– Братусь А. С. Динамические системы и модели биологии / А. С. Братусь, А. С. Новожилов, А. П. Платонов. - Москва : Физматлит, 2010. - 400 с.: ил., табл.

– Крапивский П. Л. Кинетический взгляд на статистическую физику / Павел Л. Крапивский, Сидней Реднер, Эли Бен-Наим ; пер. с англ. А. М. Поволоцкий ; науч. ред. рус. изд. В. Б. Приезжев ; [МГУ им. М. В. Ломоносова, НОЦ по нанотехнологиям]. - Москва : Научный мир, 2012. - XVI, 598 с.: ил.- (Фундаментальные основы нанотехнологий : лучшие зарубежные учебники)

– Мюррей Д. Д. Математическая биология. Т. 2 / Джеймс Д. Мюррей ; пер. с англ. А. Н. Дьяконовой [и др.] ; под науч. ред. Г. Ю. Ризниченко. - Москва [и др.] : Институт компьютерных исследований [и др.], 2011. - 1078 с.: рис.- (Биофизика. Математическая биология)

б) дополнительная литература:

– Базыкин А.Д. Математическая биофизика взаимодействующих популяций. М., 1985.

- Бигон М., Харпер Дж., Таусенд К. Экология. Особи, популяции и сообщества. М., 1989.
- Рубин А.Б. Биофизика. Часть 1. М., 1999.
- Математическое моделирование биологических сообществ. - Владивосток, 1977. - 107 с

- в) ресурсы сети Интернет:
– открытые онлайн-курсы

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

Бушов Юрий Валентинович, доктор биологических наук, профессор, кафедра физиологии человека и животных, профессор.

Светлик Михаил Васильевич, кандидат биологических наук, кафедра физиологии человека и животных, доцент.