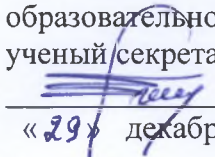


МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
Федеральное государственное бюджетное учреждение науки
Институт автоматики и процессов управления
Дальневосточного отделения Российской академии наук
(ИАПУ ДВО РАН)


«СОГЛАСОВАНО»

Заместитель директора по научно-образовательной деятельности, ученый/секретарь, к.т.н.

 С.Б. Змеу
«29» декабря 2021 г.

«УТВЕРЖДАЮ»

Директор ИАПУ ДВО РАН,
член-корреспондент РАН

 Р.В. Ромашко
«29» декабря 2021 г.



РАБОЧАЯ ПРОГРАММА УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ (РПУД)

Биофизика экосистем

Группа научных специальностей 1.5 – «Биологические науки»,
научная специальность 1.5.2 «Биофизика»
Основная образовательная программа «Биофизика»

Форма подготовки (очная)

Междисциплинарная кафедра подготовки кадров высшей квалификации (МК ПКВК) ИАПУ ДВО РАН

курс 2 семестр 4
лекции 18 час. / 0.5 з.е.
практические занятия – 18 час. / 0.5 з.е.
лабораторные работы – нет
всего часов аудиторной нагрузки 36 (час.) / 1.0 з.е.
самостоятельная работа 24 (час.) / 0.67 з.е.
контрольные работы не предусмотрены
курсовая работа / курсовой проект 12 (час.) / 0.33 з.е.
зачет 4 семестр
экзамен _____ семестр

Рабочая программа составлена в соответствии с федеральными государственными требованиями к структуре программ подготовки научных и научно-педагогических кадров в аспирантуре, условиям их реализации и срокам освоения этих программ с учетом различных форм обучения, образовательных технологий и особенностей отдельных категорий обучающихся, утвержденными приказом Министерства науки и высшего образования РФ от 20 октября 2021 № 951.

Рабочая программа обсуждена на заседании МК ПКВК ИАПУ ДВО РАН, протокол № 3 от «17» ноября 2021 г.

Заведующий кафедрой: д-р физ.- мат. наук, профессор Н.Г. Галкин

Составитель (ли): д-р физ.- мат. наук, в.н.с. лаборатории математического моделирования биофизических процессов О.Л. Жданова

Оборотная сторона титульного листа РПУД

I. Рабочая программа пересмотрена на заседании кафедры:

Протокол от « ____ » _____ 20__ г. № _____

Заведующий кафедрой _____
(подпись) (И.О. Фамилия)

II. Рабочая программа пересмотрена на заседании кафедры:

Протокол от « ____ » _____ 20__ г. № _____

Заведующий кафедрой _____
(подпись) (И.О. Фамилия)

АННОТАЦИЯ

Дисциплина «Биофизика экосистем» предназначена для аспирантов, обучающихся по основной образовательной программе «Биофизика», входит в число дисциплин по выбору вариативной части учебного плана.

При разработке рабочей программы учебной дисциплины использованы федеральные государственные требования к структуре программ подготовки научных и научно-педагогических кадров в аспирантуре (уровень подготовки кадров высшей квалификации) по группе научных специальностей 1.5. – «Биологические науки» и научной специальности 1.5.2 – «Биофизика» и учебный план подготовки аспирантов по научной специальности «Биофизика».

Цель изучения дисциплины состоит в формировании комплексного представления о кинематике и термодинамике биологических процессов, а также первичных процессах фотосинтеза.

Задачи изучения дисциплины

- Понимание физических и физико-химических механизмов воздействий лежащих в основе биологических процессов.
- Овладение приемами разработки математических моделей динамики сложных биофизических систем.
- Углубленное освоение аналитических и численных методов исследования используемых математических моделей

Компетенции выпускника, формируемые в результате изучения дисциплины

Универсальные компетенции:

- УК-1. Способность к критическому анализу и оценке современных научных достижений, генерированию новых идей при решении исследовательских и практических задач, в том числе в междисциплинарных областях.
- УК-3. Готовность участвовать в работе российских и международных исследовательских коллективов по решению научных и научно-образовательных задач.

Общепрофессиональные компетенции:

- ОПК-1. Способность самостоятельно осуществлять научно-исследовательскую деятельность в области математического моделирования, биофизики с использованием современных методов исследования и информационно-коммуникационных технологий.

Профессиональные компетенции:

- ПК-1. Владение методами математического описания физических и биологических процессов, протекающих в биосистемах.
- ПК-2. Способность применять на практике базовые общепрофессиональные знания теории и методов биофизических исследований.
- ПК-3. Способность пользоваться современными методами обработки, анализа и синтеза биофизической информации.

Универсальные компетенции:

- УК-1. способностью к критическому анализу и оценке современных научных достижений, генерированию новых идей при решении исследовательских и практических задач, в том числе в междисциплинарных областях

Требования к уровню усвоения содержания дисциплины

Аспиранты должны приобрести следующие знания и умения:

-знать:

- 1) кинематику и термодинамику биологических процессов, а также иметь представление о первичных процессах фотосинтеза.
- 2) математические методы, применяемые в математическом моделировании биофизических процессов.

- уметь:

- 1) выбирать математические методы, необходимые для описания биофизических процессов сложной системы;
- 2) критически оценивать область применимости выбранных математических методов;
- 3) рационально организовывать научную работу в выбранной области исследований;
- 4) адекватно представлять результаты научной работы.

I. СТРУКТУРА И СОДЕРЖАНИЕ ТЕОРЕТИЧЕСКОЙ ЧАСТИ КУРСА

Лекции (18 час.)

Динамические свойства биологических процессов. Типы динамического поведения биологических систем (4 час.)

Биологическая кинетика. Типичная кинетическая задача. Основные предпосылки биологической кинетики. Принцип обратной связи. Гидродинамическая модель системы с обратной связью. Открытая система. Критерии устойчивости стационарных точек. Редукция числа уравнений. Быстрые и медленные переменные. Метод фазовой плоскости. Типы устойчивости особых точек. Колебательные процессы.

Кинетика ферментативных процессов (2 час.)

Простейшая ферментативная реакция. Уравнение Михаэлиса–Ментен. Зависимость скорости ферментативной реакции от концентрации субстрата. Регуляция ферментативных реакций. Колебания в ферментативных системах

Распределенные биологические системы. Хаотические процессы (4 час.)

Уравнение для распределенной системы. Базовые модели с двумя переменными. Виды самоорганизации. Условия возникновения разных типов самоорганизации в биологических и химических системах. Условия возникновения диссипативных структур. Хаотические процессы в детерминированных системах. Модели хаотических систем. Общие свойства детерминированного хаоса

Математические модели в экологии (2 час.)

Модели отдельных популяций: модель неограниченного роста, логистическое уравнение, учёт эффекта Олли. Влияние запаздывания. Модели взаимодействия видов. Стохастические модели популяций.

Термодинамика необратимых процессов в биологических системах вблизи равновесия (2 час.)

Первый и второй законы термодинамики в биохимии. Изменение энтропии в открытых системах. Сопряжение процессов. Соотношения Онзагера. Теорема Пригожина. Термодинамика активного транспорта.

Термодинамика систем вдали от равновесия (2 час.)

Эволюция неравновесных динамических систем. Устойчивость стационарных точек. Энтропия и информация.

Первичные процессы трансформации энергии в фотосинтезе (2 час.)

Общая схема первичных процессов фотосинтеза высших растений. Оптимальная интенсивность фотосинтеза. Физические механизмы переноса электрона.

II. СТРУКТУРА И СОДЕРЖАНИЕ ПРАКТИЧЕСКОЙ ЧАСТИ КУРСА

Практические занятия (18 час.)

Динамические свойства биологических процессов. Типы динамического поведения биологических систем (4 час.)

Дифференциальное уравнение изменения концентрации клеток в среде. Логистическое уравнение Ферхюльста. Простейшая модель открытой системы. Модель обменных процессов в клетке, уравнение кинетики. Качественный анализ модели. Устойчивость стационарной точки. Типы динамического поведения в модели Вольтерра хищник-жертва. Колебания в модели гликолиза.

Кинетика ферментативных процессов (2 час.)

Уравнение Михаэлиса – Ментен. Два масштаба времени ферментативного процесса. Зависимость скорости ферментативной реакции от концентрации субстрата. Открытая ферментативная система с субстратным угнетением. Колебания в ферментативных системах.

Распределенные биологические системы. Хаотические процессы (4 час.)

Исследование моделей распределенных систем. Брюсселятор. Модели хаотических систем. Модель Лоренца. Неустойчивость Бернара. Модель динамики популяции.

Примеры математических моделей в экологии, анализ их динамики (2 час.)

Модели отдельных популяций: модель неограниченного роста, уравнения популяционного роста с лимитированием численности, учёт эффекта Олли. Влияние запаздывания. Модели взаимодействия видов. Стохастические модели популяций.

Термодинамика необратимых процессов в биологических системах вблизи равновесия (2 час.)

Применение первого и второго законов термодинамики в биохимии. Модельный анализ изменения энтропии в открытых системах. Моделирование сопряженных процессов. Вывод соотношений Онзагера.

Термодинамика систем вдали от равновесия (2 час.)

Примеры эволюции неравновесных динамических систем. Исследование устойчивости стационарных точек. Примеры вычисления энтропии и информации.

Первичные процессы трансформации энергии в фотосинтезе (2 час.)

Математическое и компьютерное моделирование первичных процессов фотосинтеза

III. САМОСТОЯТЕЛЬНАЯ РАБОТА СТУДЕНТОВ (24 час.)

1. Знакомство с научными периодическими изданиями по биофизике экосистем и математическому моделированию динамики сложных систем.
2. Овладение методикой аналитического исследования динамических свойств решений в моделях динамических систем.
3. Овладение численными методами исследования и классификации динамики моделей.

IV. КОНТРОЛЬНО-ИЗМЕРИТЕЛЬНЫЕ МАТЕРИАЛЫ

Темы курсовых работ

1. Моделирование обменных процессов в клетке.
2. Проблема оценивания неизвестных параметров для уравнения Михаэлиса–Ментен.
3. Модели образования диссипативных структур в экологических системах.
4. Модели детерминированных систем с хаотическим поведением и их биологическая интерпретация.
5. Основные принципы стохастического моделирования популяционной динамики.
6. Изменение энтропии в открытых системах.
7. Эволюция неравновесных динамических систем.
8. Математические модели фотосинтеза и роста морского фитопланктона.
9. Математическое моделирование процессов фотоадаптации и фотоингибирования при фотосинтезе.

Вопросы к зачету

1. Динамические свойства биологических процессов. Типы динамического поведения биологических систем.
2. Биологическая кинетика. Основные предпосылки биологической кинетики. Принцип обратной связи.
3. Гидродинамическая модель системы с обратной связью. Открытая система.
4. Критерии устойчивости стационарных точек.
5. Редукция числа уравнений. Быстрые и медленные переменные.
6. Метод фазовой плоскости. Типы устойчивости особых точек. Колебательные процессы.
7. Простейшая ферментативная реакция. Уравнение Михаэлиса–Ментен. Зависимость скорости ферментативной реакции от концентрации субстрата.
8. Регуляция ферментативных реакций. Колебания в ферментативных системах
9. Уравнение для распределенной системы. Базовые модели с двумя переменными.
10. Виды самоорганизации. Условия возникновения разных типов самоорганизации в биологических и химических системах.
11. Условия возникновения диссипативных структур. Хаотические процессы в детерминированных системах.
12. Модели хаотических систем. Общие свойства детерминированного хаоса.
13. Модели отдельных популяций: модель неограниченного роста, логистическое уравнение, учёт эффекта Олли. Влияние запаздывания.
14. Модели взаимодействия видов.
15. Стохастические модели популяций.
16. Первый и второй законы термодинамики в биохимии. Изменение энтропии в открытых системах.
17. Сопряжение процессов. Соотношения Онзагера. Теорема Пригожина.
18. Термодинамика активного транспорта.
19. Эволюция неравновесных динамических систем. Устойчивость стационарных точек. Энтропия и информация.
20. Общая схема первичных процессов фотосинтеза высших растений. Оптимальная интенсивность фотосинтеза.

III. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

Основная литература

1. Рубин А.Б. Биофизика: учебник. – М: Конкурс, 2016. – 192 с.
2. Авдин В.В. Математическое моделирование экосистем: Учебное пособие. - Челябинск: Изд-во ЮУрГУ, 2004. - 40 с. <http://window.edu.ru/resource/630/47630>
3. Мысягин С.А., Сурова Л.М, Шерстнева О.Н., Воденев В.А. Фотобиология. Раздел большого практикума по биофизике. Ч. 1. Нижний Новгород: Нижегородский государственный университет, 2013.
4. Ризниченко Г.Ю., Беляева Н.Е., Коваленко И.Б., Рубин А.Б. Математическое и компьютерное моделирование первичных процессов фотосинтеза //Биофизика. – 2009. – Т. 54. – №. 1. – С. 16-33.

Дополнительная литература

1. Рубин А.Б. Лекции по биофизике. М: МГУ, 1998.
2. Половинкина Е.О., Сеницына Ю.В. Окислительный стресс и особенности воздействия слабых стрессоров физической природы на перекисный гомеостаз растительной клетки. Учебно-методическое пособие. - Нижний Новгород: Нижегородский госуниверситет, 2010. Код доступа: <http://window.edu.ru/resource/864/79864>
3. Линке Ю.Ю., Саханенко А.И. Явное асимптотически нормальное оценивание параметров уравнения Михаэлиса–Ментен //Сибирский математический журнал. – 2001. – Т. 42. – №. 3. – С. 610-633.
4. Звалинский В. И., Тищенко П. Я. Моделирование фотосинтеза и роста морского фитопланктона //Океанология. – 2016. – Т. 56. – №. 4. – С. 577-591.
5. Абакумов А. И., Пак С. Я. Модельное исследование процессов фотоадаптации и фотоингибирования при фотосинтезе //Информатика и системы управления. – 2018. – №. 1. – С. 29-41.