

**Тематический план занятий семинарского типа
по дисциплине «Математическое моделирование в биологии и медицине»
для обучающихся по образовательной программе
специалитета по специальности 30.05.01 Медицинская биохимия,
направленность (профиль) Медицинская биохимия,
форма обучения очная
на 2023-2024 учебный год**

№	Тематические блоки	Часы (академ.)
1.	Введение в математическое моделирование ¹ . Место математических методов в системе биологических наук. Построение модели, типы моделей (имитационные, динамические, точечные, распределенные и т.д.). Точечные и распределенные модели биологических систем. Фазовое пространство. Стационарное состояние системы. Иерархия времен в биологических системах. Лимитирующие стадии процессов. Устойчивые и неустойчивые стационарные состояния ² .	2
2.	Модель замкнутой популяции клеток ¹ . Логистическое уравнение Ферхюльста. Упрощенная модель культиватора. Бифуркационные диаграммы. Модель химической реакции (А.Д.Лотки) и экологическая модель (В.Вольтерра). Фазовая плоскость и фазовая траектория. Особая точка пересечения фазовых траекторий. Главные изоклины. Устойчивость стационарных состояний систем из двух переменных. Классификация особых точек линейной системы ² .	2
3.	Процессы самоорганизации в распределенных биологических системах ¹ . Тьюринговые системы. Математическая модель распределенной системы. Граничные условия. Условия эволюции распределенных систем из двух взаимозависимых переменных. Нетьюринговые системы. Модели хаоса в детерминированных системах.	2
4.	Ферментативная кинетика ¹ . Закон действующих масс при моделировании биохимических реакций. Математическая модель ферментативной реакции. Теория Михаэлиса-Ментен. Обезразмеривание системы как важный шаг исследования модели. Численные методы расчета модели. Модель ферментативной реакции как пример жесткой системы. Кооперативные явления в ферментативных процессах, их моделирование ² . Часть 1.	2
	Ферментативная кинетика ¹ . Закон действующих масс при моделировании биохимических реакций. Математическая модель ферментативной реакции. Теория Михаэлиса-Ментен. Обезразмеривание системы как важный шаг исследования модели. Численные методы расчета модели. Модель ферментативной реакции как пример жесткой системы. Кооперативные явления в ферментативных процессах, их моделирование. Решение задачи ² . Часть 2.	2
5.	Кинетические процессы распределения веществ в организме и основы их математического моделирования ¹ . Фармакокинетика, определение, основная цель, прикладная задача. Основные положения фармакокинетики: пути введения лекарственных веществ, всасывание, распределение, биотрансформация, выведение лекарственных веществ. Внутренняя среда организма. Факторы, определяющие распределение веществ по внутренней среде организма. Степень кровоснабжения, типы мембран. Факторы, определяющие распределение веществ по внутренней среде	2

	<p>организма Диффузия препарата в бессосудистые участки. Связывание препарата с белками. Внутриклеточное распределение препаратов, рецептивная субстанция. Способы выведения лекарственных препаратов. Физико-химические факторы, влияющие на выведение. Приемы химической кинетики, используемые при фармакокинетическом моделировании. Формализация процесса распределения препарата. Линеаризация данных. Построение фармакокинетической модели, используемый математический аппарат, приемы химической кинетики. Понятие «камеры». Проверка адекватности модели².</p>	
6.	<p>Построение основных моделей фармакокинетики¹. Построение однокамерной модели с одномоментным введением. Построение однокамерной модели со всасыванием. Построение двухкамерной модели. Построение двухкамерной модели со всасыванием. Нелинейные и перфузионные фармакокинетические модели. Определение, достоинства и недостатки².</p>	2
7.	<p>Автоколебательные процессы в биологических системах¹. Примеры автоколебаний в биологии. Условия возникновения автоколебаний. Модели динамики роста популяции, взаимодействия видов, конкуренция, симбиоз, хищник-жертва. Модификация классической модели Вольтера. Предельные циклы. Пример конструирования модели типа хищник-жертва, имеющей предельный цикл. Автоколебания в биохимических реакциях. Модель гликолитических осцилляций в дрожжах Баера².</p>	2
8.	<p>Автоколебательные процессы в биологических системах. Модель гликолитических осцилляций в дрожжах Баера, ее анализ.</p>	2
9.	<p>Модель генетического триггера¹. Генетический код. Управление синтезом белка в бактериальной клетки. Генетический триггер Жакоба и Моно. Кооперативность и триггерные свойства модели Жакоба — Моно. Способы переключения триггера. Модель конкурирующих видов. Пример популяционного триггера. Модель Лас-оперона²</p>	2
10.	<p>Модель генетического триггера¹. Модель Лас-оперона. Построение нуль-клин системы. Определение стабильных и нестабильных стационарных состояний системы².</p>	2
11.	<p>Биологические триггеры в биохимической системе¹. Биологические триггеры и способы переключения в триггерных системах. Моностабильные и бистабильные системы. Обратимые и необратимые триггеры. Модель ферментативной реакции с ингибированием субстратом как пример биологического триггера. Кинетические кривые ферментативных реакций. Биохимические системы с обратной связью. Критерии бистабильности. Зависимость решений от параметров, наличие критических – бифуркационных значений параметров, обеспечивающих возможность параметрического переключения в триггерных системах. Бифуркационные кривые. Стабильные и нестабильные стационарные состояния. Нульклины в фазовой плоскости. Роль переключений в триггерных биологических системах для обеспечения регуляции биологической системы, дифференциации и др. Системы с взаимной активацией и репрессией².</p>	2
12.	<p>Биологические триггеры в биохимической системе¹. Модель ферментативной системы с линейной обратной связью и насыщаемой обратной реакцией. Бистабильность. Бифуркационные диаграммы определить стабильные и не стабильные состояния системы².</p>	2
13.	<p>Потенциал действия / Возбуждение нервного волокна¹. Понятия потенциал покоя, деполяризация, реполяризация,</p>	2

	гиперполяризация. Концентрация ионов и ионные токи как основа формирования потенциала действия. Электрохимический потенциал как движущая сила трансмембранных токов. Формула Нернста. Регистрация токов в условиях фиксации потенциала. Модель потенциала действия Ходжкина-Хаксли: понятие «проводимость» для ионов Na ⁺ и K ⁺ ; управляющие частицы K ⁺ - и Na ⁺ - проводимости: параметры n, m, h, α, β; дифференциальные уравнения, описывающие модель Ходжкина-Хаксли. Модель Фитцхью-Нагумо: предпосылки создания, параметры проводимости для Na ⁺ и K ⁺ , система ДУ. Условия применения двухвариабельной модели ² .	
14.	Потенциал действия/Возбуждение нервного волокна. Уравнение реакции диффузии. Сравнение уравнения диффузии с кабельным уравнением. Примеры биологических процессов, описываемых уравнением реакции диффузии. Возможные пути решения данного дифференциального уравнения.	2
15.	Модель клеточного цикла ¹ . Регуляция клеточного цикла. Особенности моделирования. Структура модели Новака-Тайсона. Феноменологическая и механизменная модели клеточного цикла. Математическое выражение модели Новака-Тайсона ² .	2
16.	Модель клеточного цикла ¹ . Ознакомление с моделью. Взаимосвязь значения параметров с поведением системы. Определение стационарных состояний системы ² .	2
17.	Нейронные сети ¹ . Нейронные сети: определение, история развития, область применения. Биологические нейронные сети. Структура и функции нейронов. Переход от биологических к техническим нейронным сетям ² .	2
18.	Промежуточная аттестация (зачет)	2
	Итого	38

¹ - тема

² - сущностное содержание

Рассмотрено на заседании кафедры теоретической биохимии с курсом клинической биохимии «10» мая 2023 г., протокол № 16

Зав. кафедрой теоретической биохимии с курсом клинической биохимии, д.м.н, профессор

О.В. Островский