

Министерство образования и науки Российской Федерации
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования
«Ульяновский государственный педагогический университет
имени И.Н. Ульянова»
(ФГБОУ ВО «УлГПУ им. И.Н. Ульянова»)

Факультет физико-математического и технологического образования
Кафедра высшей математики

УТВЕРЖДАЮ
Проректор по учебно-методической
работе
И.О. Петрищев
« 30 » августа 2017 г.

МАТЕМАТИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ БИОЛОГИЧЕСКИХ ПРОЦЕССОВ

Программа учебной дисциплины базовой части

для направления подготовки
06.04.01 Биология
направленность (профиль) образовательной программы
«Биотехнология с основами нанотехнологии»
(очная форма обучения)

Составитель: Глухова Н.В., к.б.н, доцент
кафедры высшей математики

Рассмотрено и утверждено на заседании ученого совета факультета физико-математического и технологического образования, протокол от «04» июля 2017г. № 11

Ульяновск, 2017

1. Наименование дисциплины

Дисциплина «Математическое моделирование биологических процессов» включена в базовую часть Блока 1 Дисциплины (модули) основной профессиональной образовательной программы высшего образования – программы магистратуры по направлению подготовки 06.04.01 Биология, очной формы обучения.

2. Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине (модулю), соотнесенных с планируемыми результатами освоения образовательной программы

Целью освоения дисциплины является повышения уровня фундаментальной математической подготовки студентов с усилением ее прикладной направленности, а также современный обзор возможностей методов математического моделирования в исследовательской деятельности биологов.

В результате освоения программы бакалавриата обучающийся должен овладеть следующими результатами обучения:

Этап формирования Компетенции	Теоретический	модельный	практический
	Знает	умеет	владеет
способность к абстрактному мышлению, анализу, синтезу (ОК-1)	ОР-1 методы абстрактного мышления при установлении истины, методы научного исследования путём мысленного расчленения объекта (анализ) и путём изучения предмета в его целостности, единстве его частей (синтез)	ОР-2 с использованием методов абстрактного мышления, анализа и синтеза анализировать альтернативные варианты решения исследовательских задач и оценивать экономическую эффективность реализации этих вариантов	ОР-3 целостной системой навыков использования абстрактного мышления при решении проблем, возникающих при выполнении исследовательских работ, навыками отстаивания своей точки зрения
готовность творчески применять современные компьютерные технологии при сборе, хранении, обработке, анализе и передаче биологической информации для решения профессиональных задач (ОПК-7)	ОР-4 Знать цели и методологию статистической обработки данных, смысл основных статистических терминов; Роль и значение математического моделирования в различных разделах биологии, Основные принципы математического	ОР-5 Уметь пользоваться биоинформационным и базами данных; применять методы математического программирования к решению практических задач, использовать современные компьютерные технологии в профессиональной деятельности; проводить статистическую обработку и анализ	ОР-6 Владеть навыками осуществления математических вычислений с помощью различных электронно-вычислительных средств; методами статистической обработки данных, проверки гипотез; методами математического программирования и моделирования; навыками использования

	<p>моделирования биологических процессов; Принципы функционирования современных компьютерных технологий и программного обеспечения</p>	<p>экспериментальных данных, находить формулы, соответствующие статистическим данным; работать с математическими моделями и интерпретировать результаты математического моделирования; находить необходимую информацию и творчески ее интерпретировать, делать доклады с помощью мультимедийных сред</p>	<p>специализированных программных продуктов и баз данных; навыками использования высокотехнологичного цифрового оборудования</p>
<p>способность творчески использовать в научной и производственно-технологической деятельности знания фундаментальных и прикладных разделов дисциплин (модулей), определяющих направленность (профиль) программы магистратуры (ПК-1)</p>	<p>ОР-7 основы рационального природопользования</p> <p>ОР-8 особенности моделирования биологических объектов</p>	<p>ОР-9 предлагать оптимальные схемы анализа объектов окружающей среды с учетом возможностей и оснащения химической лаборатории; анализировать получаемые в лаборатории результаты с учетом погрешности используемых методик анализа, значений предельно-допустимых концентраций соединений в конкретном объекте; проводить сравнительный анализ продуктивности наземных и водных экосистем; выбирать адекватные методы исследования моделей</p>	<p>ОР-10 системой химико-экологических знаний и умений для объяснения причин возникновения некоторых экологических проблем и последствий влияния различных соединений на объекты окружающей среды и человека; математическим аппаратом, необходимым для профессиональной деятельности</p>

3. Место дисциплины (модуля) в структуре образовательной программы

Дисциплина относится к базовой части Блока 1 Дисциплины (модули) основной профессиональной образовательной программы высшего образования – программы магистратуры 06.04.01 «Биология», является обязательной дисциплиной (Б1.Б.5).

Она опирается на результаты изучения курсов «Компьютерные технологии в биологии». Результаты изучения дисциплины являются теоретической и методологической основой для изучения дисциплины «Биоинформатика», «Геномика, протеомика», «Частная микробиология», «Организация и функционирование молекулярно-генетических систем: генные сети», а также для прохождения практик и итоговой аттестации.

4. Объем дисциплины (модуля) в зачетных единицах с указанием количества академических часов, выделенных на контактную работу обучающихся с преподавателем (по видам учебных занятий) и на самостоятельную работу обучающихся

Номер семестра	Учебные занятия						Форма итоговой аттестации
	Всего		Лекции, час	Лабораторные занятия, час	Практические занятия, час	Самостоятельная работа, час	
	Трудоемкость						
	Зачет. ед.	Часы					
2	1	36	2	-	10	24	Зачет
Итого:	1	36	2	-	10	24	Зачет

5. Содержание дисциплины (модуля), структурированное по темам (разделам) с указанием отведенного на них количества академических часов и видов учебных занятий

5.1. Указание тем (разделов) и отведенного на них количества академических часов и видов учебных занятий, оформленных в виде таблицы:

№ п/п	Наименование разделов и тем	Количество часов по формам организации обучения			
		Лекционные занятия	Лабораторные занятия	Практические занятия	Самостоятельная работа
2 семестр					
1.	Математическое моделирование в задачах оптимизации	1	-	4	8
2.	Моделирование динамики изменения численности популяции		-	4	8
3.	Моделирование нейрофизиологических систем. Математическое моделирование нервного импульса	1	-	2	8
Итого		2		10	24

Краткое описание содержания тем (разделов) дисциплины

Тема 1. Математическое моделирование в задачах оптимизации

Понятие математической модели и математического моделирования. Компьютерные и математические модели. Методы линейного программирования в составлении диет и пищевых рационов. Оптимизационные методы использования природных ресурсов. Задачи линейного программирования в природоохранных технологиях. Симплекс-метод. Двойственный симплекс-метод. Решение задач линейного программирования с помощью компьютерных

программ. Интерактивная форма: «Использование математических пакетов».

Тема 2. Моделирование динамики изменения численности популяции

Понятие решения автономного дифференциального уравнения. Стационарное состояние и его устойчивость. Непрерывные и дискретные модели роста популяции. Модели экспоненциального и логистического роста. Модель с наименьшей критической численностью. Модели всасывания веществ, изменения концентрации гормона. Понятие фазовых переменных и фазового пространства. Фазовый портрет. Метод изоклин. Исследование устойчивости стационарных состояний. Модели Лотки и Вольтерра. Схема гибели и размножения. Модели отбора.

Интерактивная форма: «Использование математических пакетов».

Тема 3. Моделирование нейрофизиологических систем. Модель нервного импульса

Моделирование нервных процессов. Равновесный потенциал. Уравнение Нернста. Ионные токи и мембранный потенциал. Влияние параметров проницаемости и ионных концентраций на нервный импульс. Схема гибели и размножения. Ее применение к описанию мембранных процессов. Моделирование влияния медицинских препаратов и ритмического раздражения.

Интерактивная форма: «Использование математических пакетов».

6. Перечень учебно-методического обеспечения для самостоятельной работы обучающихся по дисциплине

Общий объем самостоятельной работы студентов по дисциплине включает аудиторную и внеаудиторную самостоятельную работу студентов в течение семестра.

Аудиторная самостоятельная работа осуществляется в форме выполнения самостоятельных и контрольных работ по дисциплине.

Внеаудиторная самостоятельная работа осуществляется в формах:

- подготовки рефератов
- подготовки к устным докладам (мини-выступлениям) по тематике рефератов;
- домашних заданий для самостоятельного решения (см. п. 10).

Материалы, используемые для текущего контроля успеваемости обучающихся по дисциплине

ОС-1. Индивидуальное задание

Работа с прикладными пакетами для решения задач линейного программирования. Требуется составить модель и найти решение

Составьте математические модели следующих ситуаций.

а. Некий водоём заселяется каждой весной окунями и карасями. Средняя масса окуня составляет 0,8 кг, карася – 0,4 кг. Имеется два вида пищи, ежедневный запас которой поддерживается для первого типа на уровне 500 кг, а второго – 900 кг. Один окунь в среднем за день потребляет 100 г пищи первого типа и 300 г пищи второго типа, для карася соответствующие величины составляют 200 и 100 г. Как следует заселить водоём, чтобы максимизировать суммарную биомассу рыб?

б. При производстве удобрений смешивают в различных соотношениях три химических вещества, а удобрения продаются в упаковках по 10 кг. Три этих вещества стоят соответственно 20, 15 и 5 рублей за килограмм. В любой смеси должно присутствовать не менее 2 кг первого вещества, а содержание третьего вещества не должно превышать количества второго. Как следует составить смесь, чтобы стоимость упаковки удобрения была минимальной.

в. Средний дневной рацион хищника составляет 10 ед. пищи А, 12 ед. пищи В, 12 ед. пищи С. Эти потребности удовлетворяются двумя видами жертвы. Первый вид даёт 5 ед. пищи вида А, 2 ед. пищи В и 1 ед. пищи С. Для второго вида соответствующие величины составляют 1, 2, и 4 ед. На поимку жертвы первого вида требуется в среднем 3 ед. энергии, а второго – 2 ед. энергии. Поедание какого числа жертв обеспечит хищнику удовлетворение его потребностей с наименьшими затратами энергии?

г. Пища для собак готовится из говядины, конины и печени. 1 кг говядины стоит 150 рублей и содержит 0,2 кг белка и 0,5 кг углеводов. Конина стоит 100 рублей за кг и содержит 0,1 кг белка и 0,6 кг углеводов. Наконец, печень стоит 200 рублей за кг и содержит 0,4 кг углеводов и 0,3 кг белка. Составить оптимальный рацион для собаки, минимальные потребности которой в углеводах составляют 6 кг углеводов и 3,1 кг белка в месяц.

д. Завод может производить продукцию по одному из двух типов технологий. При применении первого типа технологий на каждую 1000 выпущенных единиц продукции осуществляется выброс 3 м³ загрязняющих веществ в атмосферу, а также используется 2 тонны нефти, при применении второй технологии используется 1 тонна нефти на тысячу единиц продукции, однако выбросы в атмосферу увеличиваются до 5 м³. Завод не должен использовать более 600 тонн нефти в неделю. Составьте оптимальный план использования имеющихся технологий с целью минимизации выбросов в атмосферу, если в неделю необходимо производить не менее 400 тыс. единиц продукции.

е. В ситуации, описанной в задаче (д), введено ограничение на выбросы в атмосферу – не более 1500 м³ в неделю. Предложите новый план использования технологий, чтобы расходы нефти были минимальными.

ж. Составьте ежедневный рацион кормления птицы так, чтобы обеспечить ее необходимым количеством питательных веществ А, В и С и так, чтобы это было наиболее дешёвый рацион. Необходимые данные приведены в таблице.

Питательные вещества	содержание веществ в единице массы корма, ед.		требуемое количество в смеси, ед.
	корм I	корм II	
А	1	4	1
В	1	2	4
С	1	-	1
цена единицы массы корма, р	2	4	

з. Из четырех видов сырья необходимо составить смесь наименьшей стоимости, в состав которой входит не менее 26 ед. химического вещества А, не менее 30 единиц вещества В, не менее 24 ед. вещества С. Количество единиц химического вещества в 1 кг сырья, а также цена 1 кг сырья указаны в таблице

Вещество	Количество единиц вещества в 1 кг сырья вида i			
	1	2	3	4
А	1	1	-	4
В	2	-	3	5
С	1	2	4	6
Цена 1 кг сырья (руб.)	50	60	70	40

ОС-2. Самостоятельная работа

Вариант 1. Через 6 часов после начала опыта численность бактерий в популяции возросла в 2 раза. Во сколько раз увеличится количество бактерий через сутки?

Вариант 2. В начале эксперимента имелось 200 бактерий, а через 12 часов их стало 600. Во сколько раз увеличится количество бактерий спустя 24 часа после начала эксперимента?

Вариант 3. Через 3 часа после начала опыта численность водорослей в популяции возросла в 125 раз по сравнению с начальной. В какой момент времени их численность превышала начальную в 25 раз?

Вариант 4. В начале эксперимента имелось 100 клеток одноклеточной водоросли, а через 2 часа их стало 3600. Во сколько раз увеличится количество клеток спустя 3 часа после начала эксперимента?

Вариант 5. Через 5 часов после начала опыта численность бактерий в популяции возросла в 2 раза. Во сколько раз увеличится количество бактерий через 20 часов?

Вариант 6. В начале эксперимента имелось 100 бактерий, а через 6 часов их стало 500. Во сколько раз увеличится количество бактерий спустя 24 часа после начала эксперимента?

Вариант 7. Через 2 часа после начала опыта численность водорослей в популяции возросла в 16 раз по сравнению с начальной. В сколько раз вырастет их численность через 3 часа?

Вариант 8. В начале эксперимента имелось 50 клеток одноклеточной водоросли, а через 2 часа их стало 450. Сколько клеток мы получим спустя 3 часа после начала эксперимента?

Вариант 9. Через 12 часов после начала опыта численность бактерий в популяции возросла в 2 раза. Во сколько раз увеличится количество бактерий через двое суток?

Вариант 10. В начале эксперимента имелось 300 бактерий, а через 12 часов их стало 900. Во сколько раз увеличится количество бактерий спустя 24 часа после начала эксперимента?

ОС-3. Лабораторная работа

Постройте с помощью программы *Excel* графики численности жертв и хищников в модели «хищник – жертва»:

$$\frac{dx}{dt} = \alpha x - \beta xy$$

$$\frac{dy}{dt} = \gamma xy - \lambda y$$

а) при $\alpha = 20$, $\beta = 0,3$, $\gamma = 0,2$, $\lambda = 10$, начальном количестве жертв $x_0 = 40$ и начальном количестве хищников $y_0 = 50$, шаг интегрирования $h = 0,001$, результат сравните с графиком при $h = 0,002$.

б) при $\alpha = 20$, $\beta = 0,3$, $\gamma = 0,2$, $\lambda = 30$, начальном количестве жертв $x_0 = 300$ и начальном количестве хищников $y_0 = 100$, шаг интегрирования $h = 0,001$. Какова численность жертв на втором пике их численности? Какова численность хищников в тот же момент времени? Какова численность хищников на втором их пике? Результат сравните с графиком при $h = 0,003$.

в) при $\alpha = 40$, $\beta = 2$, $\gamma = 2$, $\lambda = 100$, начальном количестве жертв $x_0 = 100$ и начальном количестве хищников $y_0 = 50$, шаг интегрирования $h = 0,001$. Какова численность жертв и хищников на вторых пиках их численности?

г) при $\alpha = 20$, $\beta = 1$, $\gamma = 1$, $\lambda = 100$, начальном количестве жертв $x_0 = 100$ и начальном количестве хищников $y_0 = 50$, шаг интегрирования $h = 0,001$.

д) сравните результаты вычислений при двукратном уменьшении всех параметров задачи (в) по отдельности (например, провести расчеты при $\alpha = 20$ и сравнить их с результатами при $\alpha = 40$, остальные параметры оставить без изменений), сделайте выводы.

ОС-4. Интерактивная работа с готовой математической моделью нервного импульса

Рассмотрите модель нервного импульса для миелинизированных волокон амфибий Б. Франкенгейзера и А. Хаксли (см. параграф 3.3) и определите, что будет происходить с нервным импульсом:

- а) при увеличении концентрации калия до 10 ммоль/л без изменения потенциала покоя мембраны
- б) при таком же увеличении концентрации ионов калия и сопутствующей деполяризации мембраны от -70 мВ до -45 мВ.
- в) при полном блокировании калиевой (натриевой) проницаемости
- г) при двукратном увеличении калиевой проницаемости
- д) при воздействии тетродотоксином и тетраэтиламмонием?

Перечень учебно-методических изданий кафедры по вопросам организации самостоятельной работы обучающихся

1. Глухов В.П., Глухова Н.В., Евстигнеев Д.А., Кузнецова И.В. Математическое моделирование биологических процессов как реализация межпредметных связей на уроках математики и биологии: Учебно-методическое пособие. – Ульяновск: ИПКПРО, 2004. – 28 с.
2. Глухова Н.В. Математические модели для магистров-биологов: учебное пособие. – Ульяновск: УлГПУ, 2016. – 90 с. (Электронное учебное пособие).
3. Теория вероятностей с элементами математической статистики и анализа систем массового обслуживания. Часть 2. Математическая статистика. Элементы теории случайных процессов и теории массового обслуживания. Учебное пособие для студентов специальности «Управление персоналом» / сост. Н.А. Волкова, Н.В. Глухова. – Ульяновск: УлГПУ, 2010. – 76 с.
4. Глухова Н.В., Череватенко О.И. Линейное программирование в управлении персоналом: учебное пособие для направления подготовки бакалавров 080400.62. – Ульяновск, УлГПУ, 2013. – 70 с.

7. Фонд оценочных средств для проведения промежуточной аттестации обучающихся Организация и проведение аттестации магистранта

ФГОС ВО в соответствии с принципами Болонского процесса ориентированы преимущественно не на сообщение обучающемуся комплекса теоретических знаний, но на выработку компетенций – динамического набора знаний, умений, навыков и личностных качеств, которые позволят выпускнику стать конкурентоспособным на рынке труда и успешно профессионально реализовываться.

В процессе оценки обучающихся необходимо используются как традиционные, так и инновационные типы, виды и формы контроля. При этом постепенно традиционные средства совершенствуются в русле компетентного подхода, а инновационные средства адаптированы для повсеместного применения в российской вузовской практике.

Цель проведения аттестации – проверка освоения образовательной программы дисциплины-практикума через сформированность образовательных результатов.

Промежуточная аттестация осуществляется в конце семестра и завершает изучение дисциплины; помогает оценить крупные совокупности знаний и умений, формирование определенных компетенций.

7.1. Перечень компетенций, с указанием этапов их формирования в процессе освоения образовательной программы:

Компетенции	Этапы формирования компетенций	Показатели формирования компетенции - образовательные результаты (ОР)		
		Знать	Уметь	Владеть
способностью к абстрактному мышлению, анализу, синтезу (ОК-1)	Теоретический (знать) методы абстрактного мышления при установлении истины, методы научного исследования путём мысленного расчленения объекта (анализ) и путём изучения предмета в его целостности, единстве его частей (синтез)	ОР-1 Знает методы абстрактного мышления при установлении истины, методы научного исследования путём мысленного расчленения объекта (анализ) и путём изучения предмета в его целостности, единстве его частей (синтез) . знаком с использованием методов абстрактного мышления, анализа и синтеза		
	Модельный (уметь) с использованием методов абстрактного мышления, анализа и синтеза анализировать альтернативные варианты решения исследовательских задач и оценивать экономическую эффективность реализации этих вариантов		ОР-2 анализировать альтернативные варианты решения исследовательских задач и оценивать экономическую эффективность реализации этих вариантов	
	Практический (владеть)			ОР-3 целостной

	<p>целостной системой навыков использования абстрактного мышления при решении проблем, возникающих при выполнении исследовательских работ, навыками отстаивания своей точки зрения</p>			<p>системой навыков использования абстрактного мышления при решении проблем, возникающих при выполнении исследовательских работ, навыками отстаивания своей точки зрения</p>
<p>готовностью творчески применять современные компьютерные технологии при сборе, хранении, обработке, анализе и передаче биологической информации для решения профессиональных задач (ОПК-7)</p>	<p>Теоретический (знать) образовательные технологии, которые целесообразно использовать при обучении в информационно-образовательной среде; современные компьютерные технологии сбора, хранения, обработки, анализа и передачи информации</p>	<p>ОР-4 Знать роль и значение математического моделирования в различных разделах биологии.</p>		
	<p>Модельный (уметь) самостоятельно ставить задачи научно-исследовательских работ; самостоятельно осваивать новые компьютерные технологии; планировать, организовывать и проводить научно-исследовательские работы по теме</p>		<p>ОР-5 Уметь применять методы математического программирования к решению практических задач, работать с математическими моделями и интерпретировать результаты математического моделирования.</p>	

	<p>магистерской программы с применением современного оборудования и компьютерных технологий; представлять результаты по теме исследования с использованием средств мультимедиа</p>			
	<p>Практический (владеть) навыками применения современных компьютерных технологий для анализа, обобщения и систематизации результатов научно-исследовательских работ; навыками использования современных методов обработки и интерпретации полученной информации при проведении научных исследований; навыками профессионального оформления и представления результатов научно-исследовательских работ</p>			<p>ОР-6 Владеть навыками осуществления математических вычислений с помощью различных электронно-вычислительных средств; методами математического программирования и моделирования.</p>
<p>способностью творчески использовать в научной и производственной-технологическо</p>	<p>Теоретический (знать) основы рационального природопользования; биологические</p>	<p>ОР-7 основы рационального природопользования</p> <p>ОР-8</p>		

<p>й деятельности знания фундаментальн ых и прикладных разделов дисциплин (модулей), определяющих направленность (профиль) программы магистратуры (ПК-1)</p>	<p>методы повышения продуктивности наземных и водных экосистем; основные характеристики биопродуктивности популяций и сообществ; правила пробоотбора и пробоподготовк и вод, воздуха, почв; физико-химические методы анализа; особенности моделирования биологических объектов</p>	<p>особенности моделирования биологических объектов</p>		
	<p>Модельный (уметь) применять полученные знания в профессиональн ой деятельности; предлагать оптимальные схемы анализа объектов окружающей среды с учетом возможностей и оснащения химической лаборатории; анализировать получаемые в лаборатории результаты с учетом погрешности используемых методик анализа, значений предельно-допустимых концентраций соединений в конкретном объекте;</p>		<p>ОР-9 предлагать оптимальные схемы анализа объектов окружающей среды; анализировать получаемые результаты с учетом погрешности используемых методик анализа, находить значения предельно-допустимых концентраций соединений в конкретном объекте; проводить сравнительный анализ продуктивности наземных и водных экосистем; выбирать адекватные методы исследования моделей;</p>	

	<p>проводить сравнительный анализ продуктивности наземных и водных экосистем; выбирать адекватные методы исследования моделей; осуществлять формализацию и алгоритмизацию функционирования исследуемой системы</p>			
	<p>Практический (владеть) навыками оценки современного состояния биологических ресурсов; системой химико-экологических знаний и умений для объяснения причин возникновения некоторых экологических проблем и последствий влияния различных соединений на объекты окружающей среды и человека; математическим аппаратом, необходимым для профессиональной деятельности</p>			<p>ОР-10 математическим аппаратом, необходимым для профессиональной деятельности</p>

7.2. Описание показателей и критериев оценивания компетенций на различных этапах их формирования, описание шкал оценивания:

№ п /п	РАЗДЕЛЫ (ТЕМЫ) ДИСЦИПЛИНЫ	СРЕДСТВА ОЦЕНИВАНИЯ, используемые для текущего оценивания показателя формирования компетенции	Показатели формирования компетенции (ОР)										
			1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	
			ОК-1			ОПК-7			ПК-1				
1.	Математическое моделирование в задачах оптимизации	ОС-1. Индивидуальное задание	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*
2.	Моделирование динамики изменения численности популяции	ОС-2. Самостоятельная работа	*	*	*				*	*	*	*	
		ОС-3. Лабораторная работа	*	*	*	*	*	*					
3.	Моделирование нейрофизиологических систем. Математическое моделирование нервного импульса	ОС-4. Интерактивная работа с готовой математической моделью нервного импульса	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	
	Итоговая аттестация	ОС-5. Зачет	*	*	*				*	*	*	*	

Оценочными средствами текущего оценивания являются: устные доклады, защита реферата, итоговой и текущих лабораторных работ, тест по теоретическим вопросам дисциплины. Контроль усвоения материала ведется регулярно в течение всего семестра на лабораторных занятиях.

Критерии и шкалы оценивания

ОС-1. Индивидуальное задание

Критерий	Этапы формирования компетенций	Максимальное количество баллов
Знает принципы построения моделей, правила определения целевой функции, умеет вводить управляемые переменные задавать целевую функцию, определять системы ограничений с учетом специфики деятельности	Теоретический (знать)	3
Умеет строить модели практических ситуаций в биологии и работать с ними. Правильно составлена модель найдены все числовые результаты	Модельный (уметь)	5
Умеет правильно интерпретировать результаты моделирования, понимает смысл расчетных результатов (На основании результата сделан	Модельный (уметь)	5

правильный практический вывод)		
Всего:		13

ОС-2. Самостоятельная работа

Критерий	Этапы формирования компетенций	Максимальное количество баллов
Знает принципы построения моделей, правила составления дифференциальных уравнений	Теоретический (знать)	3
Умеет решать дифференциальные уравнения	Модельный (уметь)	5
Владеет навыками работать с формулами, правильно интерпретировать результаты расчетов	Практический (владеть)	5
Всего:		13

ОС-3. Лабораторная работа

Критерий	Этапы формирования компетенций	Максимальное количество баллов
Знает принципы математического моделирования	Теоретический (знать)	3
Умеет составлять математические модели, проводить на их основании расчеты	Модельный (уметь)	5
Владеет навыками осуществлять расчеты с помощью электронно-вычислительных средств	Практический (владеть)	5
Всего:		13

ОС-4. Работа с готовыми моделями

Критерий	Этапы формирования компетенций	Максимальное количество баллов
Знает принципы построения моделей)	Теоретический (знать)	6
Умеет пользоваться готовыми математическими моделями, интерпретировать результаты	Модельный (уметь)	6
Владеет навыками работы с компьютерными программами	Модельный (уметь)	3
Всего:		13

ОС-5. Зачет

Критерий	Этапы формирования компетенций	Максимальное количество баллов
----------	--------------------------------	--------------------------------

Знает принципы математического моделирования	Теоретический (знать)	6
Умеет составлять математические модели, проводить на их основании расчеты	Модельный (уметь)	9
Владеет навыками интерпретации результатов математического моделирования, применения их к практической деятельности, навыками обработки и систематизации информации	Практический (владеть)	9
Всего:		24

7.3. Типовые контрольные задания или иные материалы, необходимые для оценки знаний, умений, навыков и (или) опыта деятельности, характеризующих этапы формирования компетенций в процессе освоения образовательной программы:

ОС-5. Зачет

Примерный перечень вопросов к зачету:

1. Построение математических моделей. Определение целевой функции.
2. Биологические задачи сводимые к задачам линейного программирования.
3. Целевая функция и система ограничений. Примеры составления. Приведение системы ограничений к виду равенств и неравенств.
4. Двойственные задачи и их применение к задачам на составление пищевых рационов и оптимальных смесей.
5. Задача оптимизации использования ресурсов.
6. Симплекс-метод решения задач линейного программирования
7. Решение задач линейного программирования с помощью стандартных пакетов программ
8. Задача о рациональном использовании экологических ресурсов.
9. Задача о смеси.
10. Задачи о диетах.
11. Модели, описываемые одним дифференциальными уравнениями. Численность бактерий.
12. Модели роста популяций. Экспоненциальный и логистический рост. Модель с наименьшей критической численностью.
13. Моделирование изменения концентраций веществ.
14. Модели, описываемые системами дифференциальных уравнений.
15. Модели взаимодействия популяций. Вольтеровские модели: модели конкуренции и хищник-жертва.
16. Модель нервного импульса. Уравнение Нернста. Активация и инактивация ионных токов.

7.4. Методические материалы, определяющие процедуры оценивания знаний, умений, навыков и (или) опыта деятельности, характеризующих этапы формирования компетенции.

Краткая характеристика процедуры реализации текущего и промежуточного контроля для оценки компетенций обучающихся представлена в таблице.

№ п/п	Наименование оценочного средства	Краткая характеристика процедуры оценивания компетенций	Представление оценочного средства в фонде
-------	----------------------------------	---	---

1.	Лабораторная работа,	Выполняется в письменной форме в течение одного аудиторного занятия и затем проверяется преподавателем.	Тексты заданий ОС-2,ОС-3
2.	Индивидуальное задание	Выполняется во время отведенное на самостоятельную работу. В качестве отчета предоставляются распечатки таблиц из программы, а также делается практический вывод в форме письменных рекомендаций	Темы заданий (ОС-1)
3.	Работа с готовыми моделями	Выполняется во время занятия микрогруппами. Полученные результаты обсуждаются в форме групповой дискуссии. Оценивается правильность применяемых методов и умение интерпретировать результаты.	Вопросы для обсуждения (ОС-4)
4.	Зачет	Проводится в заданный срок, согласно графику учебного процесса. Компонент «знать» оценивается теоретическими вопросами по содержанию дисциплины, компоненты «уметь» и «владеть» - практическими задачами.	Комплект примерных вопросов

В конце изучения дисциплины подводятся итоги работы студентов на лекционных и лабораторных занятиях путем суммирования заработанных баллов в течение семестра.

№ п/п	Вид деятельности	Максимальное количество баллов за занятие	Максимальное количество баллов по дисциплине
1.	Посещение лекций	1	1
2.	Посещение практических занятий	2	10
3.	Работа на занятии	13	65
4.	Зачёт	24	24
ИТОГО:	1 зачетная единица		100

Формирование балльно-рейтинговой оценки работы обучающихся

		Посещение лекций	Посещение практических занятий	Работа на практических занятиях	Зачёт
2 семестр	Разбалловка по видам работ	1 x 1=1 баллов	2 x 5=10 баллов	5 x 13=65 баллов	24 балла
	Суммарный макс. балл	1 балл max	11 баллов max	76 баллов max	100 баллов max

Критерии оценивания работы обучающегося по итогам семестра

По итогам изучения дисциплины обучающийся набирает определённое количество баллов, которое соответствует «зачтено» или «не зачтено» согласно следующей таблице:

	Баллы (1 ЗЕ)
«зачтено»	более 31
«не зачтено»	30 и менее

8. Перечень основной и дополнительной учебной литературы, необходимой для освоения дисциплины

Основная литература

1. Иванов В.И. Математические методы в биологии. Кемерово: Кемеровский государственный университет, 2012. – 196 с. (Электронный ресурс. – Режим доступа: http://biblioclub.ru/index.php?page=book_view_red&book_id=232506)
2. Белько И.В., Морозова И.М., Криштапович Е.А. Теория вероятностей, математическая статистика, математическое программирование: Учебное пособие. – М.: НИЦ ИНФРА-М, Нов. знание, 2016. – 299 с. (<http://znanium.com/bookread2.php?book=542521>)
3. Крахоткина Е.В. Численные методы в научных расчетах: учебное пособие. – Ставрополь: СКФУ, 2015. – 162 с. (http://biblioclub.ru/index.php?page=book_view_red&book_id=458055)
4. Глухова Н.В. Математическое моделирование в биологии: методические разработки лабораторных занятий для студентов направления 06.04.01 Биология, профиль «Биотехнология с основами нанотехнологий». – Ульяновск: ФГБОУ ВО «УлГПУ им. И.Н. Ульянова», 2016. – 73 с. (Библиотека УлГПУ; Электронное учебное пособие)

Дополнительная литература

1. Новоселов А.Л., Новоселова И.Ю. Модели и методы принятия решений в природопользовании: учебное пособие. – М.: Юнити-Дана, 2015. – 383 с. (Электронный ресурс. – Режим доступа: <http://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=115170&sr=1>)
2. Наац В.И., Наац И.Э. Математические модели и численные методы в задачах экологического мониторинга атмосферы. – М.: Физматлит, 2009. – 326 с. (http://biblioclub.ru/index.php?page=book_view_red&book_id=76600)
3. Горелов С.В., Горелов В.П., Григорьев Е.А. Основы научных исследований: учебное пособие. – М., Берлин: Директ-Медиа, 2016. – 534 с. (Электронный ресурс: «Университетская библиотека онлайн», режим доступа: http://biblioclub.ru/index.php?page=book_view_red&book_id=443846)
4. Измаилов А.Ф., Солодков В.М. Численные методы оптимизации. – М.: Физматлит, 2008. – 320 с. (http://biblioclub.ru/index.php?page=book_view_red&book_id=69317)
5. Жимулев И.Ф. Общая и молекулярная генетика. – Новосибирск: Издательство Новосибирского ун-та: Сибирское университетское изд-во, 2006. – 478 с. (Библиотека УлГПУ: 30 экз.; Электронный ресурс: http://biblioclub.ru/index.php?page=book_view_red&book_id=57409)

9. Перечень ресурсов информационно-телекоммуникационной сети «Интернет», необходимых для освоения дисциплины (модуля)

Интернет-ресурсы

- Электронная библиотека <http://lib.mexmat.ru/books/75829> (свободный доступ)
- <http://www.library.biophys.msu.ru> (свободный доступ)
- On-line калькуляторы

Электронные библиотечные системы (ЭБС), с которыми сотрудничает «УлГПУ им. И.Н. Ульянова»

№	Название ЭБС	№, дата договора	Срок использования	Количество пользователей
1	«ЭБС ZNANIUM.COM»	Договор № 2304 от 19.05.2017	с 31.05.2017 по 31.05.2018	6 000
2	ЭБС	Договор № 1010	с 22.08.2016 по	

	«Университетская библиотека онлайн»	от 26.07.2016	21.11.2017	6 000
--	-------------------------------------	---------------	------------	-------

10. Методические указания для обучающихся по освоению дисциплины (модуля)

Порядок расположения тем в курсе лекций и практических занятий не случаен, поскольку каждая последующая тема основана на понимании некоторых сведений из предыдущих тем. Аналогичная зависимость существует и в порядке изложения внутри каждой темы. Именно поэтому темы курса следует изучать строго в той последовательности, в какой они приведены в рабочей учебной программе.

При изучении каждой темы следует

– внимательно прочитать текст лекции (раздела);

– разобрать приведенные в лекции примеры;

– постараться воспроизвести основные определения и формулировки (предложения, свойства, классификации), которые встречаются в лекции, в письменной форме, не заглядывая в лекционный материал. Следует помнить, что объём одновременно запоминаемого материала у каждого человека различен, но его можно существенно нарастить путём регулярных тренировок. Поэтому, если не удастся сразу воспроизвести весь требуемый материал, то следует разбить его на доступные части – это может быть одно определение, или даже несколько первых слов в определении, затем воспроизвести выученный отрезок, затем выучить следующий отрезок и воспроизвести его, а затем оба сразу и т.д. На каждом следующем шаге доступный для запоминания отрезок можно удлинять, но в конечном итоге нужно добиться воспроизведения всего материала (не правильно выучить первое определение, а затем более к нему не возвращаться; нужно выучивать каждое следующее определение, а затем повторять все предыдущие). Кроме того важно знать – понимание запоминаемого материала, его логическое осмысление в десятки раз увеличивает скорость запоминания.

– сравнить полученные результаты с лекционным материалом, в случае возникновения расхождений проанализировать их (в чём состоят ошибки, какие примеры могли бы подойти под ошибочное определение, но не подходят под настоящее, какие объекты пришлось бы исключить, если бы было принято ошибочное определение, к каким последствиям могла бы привести неправильная формулировка и т.п.;

– решить практические задания (домашнее задание).

При изучении разделов дисциплины, предусмотренных для самостоятельного изучения, а также разделов пропущенных по уважительным причинам, вначале нужно ознакомиться с программой дисциплины по данному разделу. Руководствуясь программой, необходимо приступить к последовательному и глубокому усвоению материала, изложенного в рекомендуемой литературе. При этом следует составлять краткий конспект материала по основным положениям, вынесенным в программу. После усвоения учебного материала дисциплины выполняется контрольное задание.

Планы лабораторных (практических) занятий

ЗАНЯТИЕ № 1. Задачи линейного программирования (ЗЛП)

Задача № 1.1. Составьте математические модели следующих ситуаций.

а. Некий водоём заселяется каждой весной окунями и карасями. Средняя масса окуня составляет 0,8 кг, карася – 0,4 кг. Имеется два вида пищи, ежедневный запас которой поддерживается для первого типа на уровне 500 кг, а второго – 900 кг. Один окунь в среднем за день потребляет 100 г пищи первого типа и 300 г пищи второго типа, для карася соответствующие величины составляют 200 и 100 г. Как следует заселить водоём, чтобы максимизировать суммарную биомассу рыб?

б. При производстве удобрений смешивают в различных соотношениях три химических вещества, а удобрения продаются в упаковках по 10 кг. Три этих вещества стоят соответственно 20, 15 и 5 рублей за килограмм. В любой смеси должно присутствовать не менее 2 кг первого вещества, а содержание третьего вещества не должно превышать количества второго. Как следует составить смесь, чтобы стоимость упаковки удобрения была минимальной.

в. Средний дневной рацион хищника составляет 10 ед. пищи А, 12 ед. пищи В, 12 ед. пищи С. Эти потребности удовлетворяются двумя видами жертвы. Первый вид даёт 5 ед. пищи вида А, 2 ед. пищи В и 1 ед. пищи С. Для второго вида соответствующие величины составляют 1, 2, и 4 ед. На поимку жертвы первого вида требуется в среднем 3 ед. энергии, а второго – 2 ед. энергии. Поедание какого числа жертв обеспечит хищнику удовлетворение его потребностей с наименьшими затратами энергии?

г. Пища для собак готовится из говядины, конины и печени. 1 кг говядины стоит 150 рублей и содержит 0,2 кг белка и 0,5 кг углеводов. Конина стоит 100 рублей за кг и содержит 0,1 кг белка и 0,6 кг углеводов. Наконец, печень стоит 200 рублей за кг и содержит 0,4 кг углеводов и 0,3 кг белка. Составить оптимальный рацион для собаки, минимальные потребности которой в углеводах составляют 6 кг углеводов и 3,1 кг белка в месяц.

ЗАНЯТИЕ № 2. Переход к двойственным задачам

1. Составьте ежедневный рацион кормления птицы так, чтобы обеспечить ее необходимым количеством питательных веществ А, В и С и так, чтобы это было наиболее дешевый рацион. Необходимые данные приведены в таблице.

Питательные вещества	содержание веществ в единице корма, ед.		массы корма, ед.	требуемое количество в смеси, ед.
	корм I	корм II		
А	1	4		1
В	1	2		4
С	1	-		1
цена единицы массы корма, р	2		4	

2. Из четырех видов сырья необходимо составить смесь наименьшей стоимости, в состав которой входит не менее 26 ед. химического вещества А, не менее 30 единиц вещества В, не менее 24 ед. вещества С. Количество единиц химического вещества в 1 кг сырья, а также цена 1 кг сырья указаны в таблице

Вещество	Количество единиц вещества в 1 кг сырья вида i			
	1	2	3	4
А	1	1	-	4
В	2	-	3	5
С	1	2	4	6
Цена 1 кг сырья (руб)	50	60	70	40

ЗАНЯТИЕ № 3. Моделирование численности популяции с помощью одного дифференциального уравнения

Задача № 1. Через 6 часов после начала опыта численность бактерий в популяции возросла в 2 раза. Во сколько раз увеличится количество бактерий через сутки?

Задача № 2. В начале эксперимента имелось 200 бактерий, а через 12 ч их стало 600. Во сколько раз увеличится количество бактерий спустя 24 ч после начала эксперимента?

Задача № 3. Через 3 ч после начала опыта численность водорослей в популяции возросла в 125 раз по сравнению с начальной. В какой момент времени их численность превышала начальную в 25 раз?

Задача № 4. В начале эксперимента имелось 100 клеток одноклеточной водоросли, а через 2 ч их стало 3600. Во сколько раз увеличится количество клеток спустя 3 ч после начала эксперимента?

Задача № 5. Через 5 часов после начала опыта численность бактерий в популяции возросла в 2 раза. Во сколько раз увеличится количество бактерий через 20 ч?

Задача № 6. В начале эксперимента имелось 100 бактерий, а через 6 ч их стало 500. Во сколько раз увеличится количество бактерий спустя 24 ч после начала эксперимента?

Задача № 7. Через 2 ч после начала опыта численность водорослей в популяции возросла в 16 раз по сравнению с начальной. В сколько раз вырастет их численность через 3 ч?

ЗАНЯТИЕ № 4. Модель хищник жертва

Постройте с помощью программы *Excel* графики численности жертв и хищников в модели «хищник – жертва»:

$$\frac{dx}{dt} = \alpha x - \beta xy$$

$$\frac{dy}{dt} = \gamma xy - \lambda y$$

а) при $\alpha = 20$, $\beta = 0,3$, $\gamma = 0,2$, $\lambda = 10$, начальном количестве жертв $x_0 = 40$ и начальном количестве хищников $y_0 = 50$, шаг интегрирования $h = 0,001$, результат сравните с графиком при $h = 0,002$.

б) при $\alpha = 20$, $\beta = 0,3$, $\gamma = 0,2$, $\lambda = 30$, начальном количестве жертв $x_0 = 300$ и начальном количестве хищников $y_0 = 100$, шаг интегрирования $h = 0,001$. Какова численность жертв на втором пике их численности? Какова численность хищников в тот же момент времени? Какова численность хищников на втором их пике? Результат сравните с графиком при $h = 0,003$.

в) при $\alpha = 40$, $\beta = 2$, $\gamma = 2$, $\lambda = 100$, начальном количестве жертв $x_0 = 100$ и начальном количестве хищников $y_0 = 50$, шаг интегрирования $h = 0,001$. Какова численность жертв и хищников на вторых пиках их численности?

г) при $\alpha = 20$, $\beta = 1$, $\gamma = 1$, $\lambda = 100$, начальном количестве жертв $x_0 = 100$ и начальном количестве хищников $y_0 = 50$, шаг интегрирования $h = 0,001$.

д) сравните результаты вычислений при двукратном уменьшении всех параметров задачи (в) по отдельности (например, провести расчеты при $\alpha = 20$ и сравнить их с результатами при $\alpha = 40$, остальные параметры оставить без изменений), сделайте выводы.

ЗАНЯТИЕ № 5. Модель нервного импульса

Задача № 1. Вычислите равновесный потенциал для ионов калия, если концентрация ионов калия во внутреннем растворе равна 120 ммоль/л, а с наружной стороны мембраны составляет а) 20 ммоль/л, б) 40 ммоль/л, в) 120 ммоль/л. Температура 30 °С.

Задача № 2. Вычислите равновесный потенциал для ионов натрия, если концентрация ионов натрия во внутреннем растворе равна 18 ммоль, а с наружной стороны мембраны составляет а) 114 ммоль/л, б) 57 ммоль, в) 36 ммоль. Температура 36 °С.

Задача № 3. Установлено, что в наружном растворе, содержащем 40 ммоль/л калия, калиевый равновесный потенциал составил 40 мВ. Определите примерную концентрацию

ионов калия во внутреннем растворе, если измерения проводились при температуре 27° С.

Задача № 4. На сколько изменится натриевый равновесный потенциал при замене раствора, омывающего клетку и содержащего 114 ммоль/л натрия, на раствор, содержащий 57 ммоль/л натрия при температуре 17°С?

11. Перечень информационных технологий, используемых при осуществлении образовательного процесса по дисциплине (модулю), включая перечень программного обеспечения и информационных справочных систем (при необходимости)

* Архиватор 7-Zip, открытое программное обеспечение, бесплатная лицензия, пролонгировано.

* Антивирус ESET Endpoint Antivirus for Windows, лицензия EAV-0120085134, контракт №1110 от 15.12.2014 г., действующая лицензия.

* Операционная система WindowsPro 7 RUS Upgrd OLP NL Acdmc, OpenLicense: 47357816, договор №17-10-оаэ ГК от 29.10.2010 г., действующая лицензия.

* Офисный пакет программ Microsoft Office Standard 2010 OLP NL Academic, OpenLicense: 60696830, договор №200712-1Ф от 20.07.2012 г., действующая лицензия.

* Программа для просмотра файлов формата DjVu Win DjView, открытое программное обеспечение, бесплатная лицензия, пролонгировано.

* Программа для просмотра файлов формата PDF Adobe Reader XI, открытое программное обеспечение, бесплатная лицензия, пролонгировано.

* Браузер Google Chrome, открытое программное обеспечение, бесплатная лицензия, пролонгировано.

12. Описание материально-технической базы, необходимой для осуществления образовательного процесса по дисциплине (модулю)

Наименование специальных помещений и помещений для самостоятельной работы	Оснащенность специальных помещений и помещений для самостоятельной работы	Перечень лицензионного программного обеспечения. Реквизиты подтверждающего документа
Аудитория № 105	Посадочные места - 100 Мультимедийный комплекс для аудитории в составе: Компьютер, проектор, акустическая система, интерактивный проектор. Ин. №ВА0000005238. Комплект аудиторной мебели – 1 шт. Стол преподавателя – 1 шт. Витрина – 3 шт. Трибуна – 1 шт. Тумба стеклянная – 1 шт. Сплит-система – 1 шт. Жалюзи – 3 шт. Доска магнитно-маркерная – 1 шт. Доска учебная одностворчатая – 1 шт.	* Архиватор 7-Zip, открытое программное обеспечение, бесплатная лицензия, пролонгировано. * Антивирус ESET Endpoint Antivirus for Windows, лицензия EAV-0120085134, контракт №260916-ЛД от 12.12.2016 г., действующая лицензия. * Операционная система Windows 7 Pro, договор 0368100013813000025-0003977-01 от 17.06.2013 г., действующая лицензия. * Офисный пакет программ Office Standard 2013 RUS OLP NL Acdmc, договор 0368100013813000025-0003977-01 от 17.06.2013 г., действующая лицензия. * Программа для просмотра файлов формата DjVu WinDjView, открытое программное обеспечение, бесплатная лицензия, пролонгировано. * Программа для просмотра файлов формата PDF Adobe Reader XI, открытое программное обеспечение, бесплатная лицензия, пролонгировано. * Браузер Google Chrome, открытое программное обеспечение, бесплатная лицензия, пролонгировано.
Аудитория №	Посадочные места – 50	* Архиватор 7-Zip, открытое программное

417	<p>Преподавательский стол – 1 шт. Столы ученические двухместные – 14шт. Столы ученические трехместные – 8 шт. Тумба под компьютер – 1шт. Встроенные шкафы – 2 шт. Стулья – 50 шт. Мультимедийный класс в составе: интерактивная система SMART Воаго SB 685. Ноутбук HP Pavilion g6-2364. Ин. номе ВА0000005863. Доска – 1 шт. Жалюзи – 3 шт. Стул из кожи черный – 1 шт</p>	<p>обеспечение, бесплатная лицензия, пролонгировано. * Антивирус ESET Endpoint Antivirus for Windows, лицензия EAV-0120085134, контракт №260916-ЛД от 12.12.2016 г., действующая лицензия. * Операционная система Windows 7 Pro, договор 0368100013813000025-0003977-01 от 17.06.2013 г., действующая лицензия. * Офисный пакет программ Office Standard 2013 RUS OLP NL Acdmc, договор 0368100013813000025-0003977-01 от 17.06.2013 г., действующая лицензия. * Программа для просмотра файлов формата DjVu WinDjView, открытое программное обеспечение, бесплатная лицензия, пролонгировано. * Программа для просмотра файлов формата PDF Adobe Reader XI, открытое программное обеспечение, бесплатная лицензия, пролонгировано. * Браузер Google Chrome, открытое программное обеспечение, бесплатная лицензия, пролонгировано.</p>
-----	--	--