

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации  
федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение  
высшего образования  
«Курганский государственный университет»  
(КГУ)

Кафедра «Фундаментальная математика»



УТВЕРЖДАЮ:

Ректор

/Н.В. Дубив/

«*Ольга Сенькина*» 20 20 г.

Рабочая программа учебной дисциплины

## **Математическое моделирование биологических процессов**

образовательной программы высшего образования – программы магистратуры

**06.04.01. БИОЛОГИЯ**

Направленность: Микробиология

Формы обучения: очная, очно-заочная

Направленность: Физиология

Формы обучения: очная

Курган 2020



Рабочая программа дисциплины «Математическое моделирование биологических процессов» составлена в соответствии с учебными планами по программе магистратуры 06.04.01 Биология (направленности Микробиология, Физиология), утвержденными:

- для очной формы обучения (Микробиология, Физиология) «28» августа 2020 года;
- для очно-заочной формы обучения (Микробиология) «28» августа 2020 года;

Рабочая программа дисциплины одобрена на заседании кафедры «Фундаментальная математика» «06» сентября 2020 года, протокол № 1

Рабочую программу составил  
К.п.н., доцент



А.В. Чернышова

Согласовано:

Заведующий кафедрой  
Фундаментальной математики



М.В. Гаврильчик

Заведующий кафедрой  
Биологии



О.В. Козлов

Специалист по учебно-методической  
работе учебно-методического отдела



Г.В. Казанкова

Начальник управления  
образовательной деятельности



С.Н. Синецын



## 1. ОБЪЕМ ДИСЦИПЛИНЫ

Всего: 2 зачетных единицы трудоемкости (72 академических часа)

### Очная форма обучения

Вид учебной работы	На всю дисциплину	Семестр
		3
<b>Аудиторные занятия (контактная работа с преподавателем), всего часов</b>	<b>10</b>	<b>10</b>
<b>в том числе:</b>		
Лекции	4	4
Практические занятия	6	6
<b>Самостоятельная работа, всего часов</b>	<b>62</b>	<b>62</b>
<b>в том числе:</b>		
Подготовка к зачёту	18	18
Подготовка к контрольным работам		
Другие виды самостоятельной работы (самостоятельное изучение тем (разделов) дисциплины)	44	44
<b>Вид промежуточной аттестации</b>	Зачёт	Зачёт
<b>Общая трудоемкость дисциплины и трудоемкость по семестрам, часов</b>	<b>72</b>	<b>72</b>

### Очно-заочная форма обучения

Вид учебной работы	На всю дисциплину	Семестр
		3
<b>Аудиторные занятия (контактная работа с преподавателем), всего часов</b>	<b>10</b>	<b>10</b>
<b>в том числе:</b>		
Лекции	4	4
Практические занятия	6	6
<b>Самостоятельная работа, всего часов</b>	<b>62</b>	<b>62</b>
<b>в том числе:</b>		
Подготовка к зачёту	18	18
Подготовка к контрольным работам		
Другие виды самостоятельной работы (самостоятельное изучение тем (разделов) дисциплины)	44	44
<b>Вид промежуточной аттестации</b>	Зачёт	Зачёт
<b>Общая трудоемкость дисциплины и трудоемкость по семестрам, часов</b>	<b>72</b>	<b>72</b>



## 2. МЕСТО ДИСЦИПЛИНЫ В СТРУКТУРЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЙ ПРОГРАММЫ

Дисциплина «Математическое моделирование биологических процессов» относится к базовой части Блока 1 и является обязательной к изучению.

Краткое содержание дисциплины: математическое моделирование, основные этапы математического моделирования, классификация моделей; математические методы исследования биологических процессов; статистическое изучение биологических явлений, проверка статистических гипотез.

Дисциплина «Математическое моделирование биологических процессов» базируется на знаниях, умениях, навыках, приобретенных студентами в вузе.

Освоение магистрами дисциплины «Математическое моделирование биологических процессов» опирается также на знания, умения, навыки, приобретенные в результате освоения дисциплин – математика, математическая статистика и теория вероятностей и специальные дисциплины (методы исследования флоры, генетика и селекция, рост и развитие растений, общая биология и др.).

Требования к входным знаниям и компетенциям магистров: обучающийся должен знать основные определения, понятия курса математики университета; владеть: навыками решения типовых задач школьного и вузовского курсов математики.

## 3. ПЛАНИРУЕМЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ ОБУЧЕНИЯ

Целью освоения дисциплины «Математическое моделирование биологических процессов» является получение теоретических знаний в области математического моделирования, знакомство с методами решения задач относящихся к этой дисциплине; формирование математической культуры магистра.

Задачами освоения дисциплины «Математическое моделирование биологических процессов» является: изучение основ математического моделирования; овладение методами и приемами решения задач; овладение методами сбора, обработки и анализа статистических данных; формирование навыков проведения сплошного и выборочного наблюдения, умения выделять конкретное вероятностно-статистическое содержание в прикладных задачах учебной и профессиональной деятельности.

### Компетенции, формируемые в результате освоения дисциплины:

Для направленности Микробиология:

- способность к абстрактному мышлению, анализу, синтезу (ОК-1);
- готовность использовать фундаментальные биологические представления в сфере профессиональной деятельности для постановки и решения новых задач (ОПК-3);



– способность самостоятельно анализировать имеющуюся информацию, выявлять фундаментальные проблемы, ставить задачу и выполнять полевые, лабораторные биологические исследования при решении конкретных задач с использованием современной аппаратуры и вычислительных средств, нести ответственность за качество работ и научную достоверность результатов (ОПК-4);

– готовность творчески применять современные компьютерные технологии при сборе, хранении, обработке, анализе и передаче биологической информации для решения профессиональных задач (ОПК-7).

В результате изучения дисциплины обучающийся должен:

Знать: основные понятия и методы изучаемых разделов, примеры типовых моделей разного вида (для ОК-1, ОПК-3, ОПК-4, ОПК-7); основные сферы приложения изучаемого материала (для ОК-1, ОПК-3, ОПК-4, ОПК-7).

Уметь: грамотно использовать язык математики при постановке задачи и её решении; обобщать, анализировать изучаемый материал; решать основные типы задач, находить различные способы решения задач (для ОК-1, ОПК-3, ОПК-4, ОПК-7).

Владеть: навыками практического использования основных методов решения задач по обработке и исследованию экспериментальных данных, и этапами составления математических моделей (для ОК-1, ОПК-3, ОПК-4, ОПК-7).

Для направленности Физиология:

– способность к абстрактному мышлению, анализу, синтезу (ОК-1);

– готовность использовать фундаментальные биологические представления в сфере профессиональной деятельности для постановки и решения новых задач (ОПК-3);

– способность самостоятельно анализировать имеющуюся информацию, выявлять фундаментальные проблемы, ставить задачу и выполнять полевые, лабораторные биологические исследования при решении конкретных задач с использованием современной аппаратуры и вычислительных средств, нести ответственность за качество работ и научную достоверность результатов (ОПК-4);

– готовность творчески применять современные компьютерные технологии при сборе, хранении, обработке, анализе и передаче биологической информации для решения профессиональных задач (ОПК-7);

– способность профессионально оформлять, представлять и докладывать результаты научно-исследовательских и производственно-технологических работ по утверждённым формам (ОПК-9).

В результате изучения дисциплины обучающийся должен:

Знать: основные понятия и методы изучаемых разделов, примеры типовых моделей разного вида (для ОК-1, ОПК-3, ОПК-4, ОПК-7, ОПК-9); основные сферы приложения изучаемого материала (для ОК-1, ОПК-3, ОПК-4, ОПК-7, ОПК-9).

Уметь: грамотно использовать язык математики при постановке задачи и её решении; обобщать, анализировать изучаемый материал; решать основные типы



задач, находить различные способы решения задач (для ОК-1, ОПК-3, ОПК-4, ОПК-7, ОПК-9).

Владеть: навыками практического использования основных методов решения задач по обработке и исследованию экспериментальных данных, и этапами составления математических моделей (для ОК-1, ОПК-3, ОПК-4, ОПК-7, ОПК-9).

## 4. СОДЕРЖАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

### 4.1. Учебно-тематический план

#### Очная форма обучения

Рубеж дисциплины	Шифр раздела, темы дисциплины	Наименование раздела, темы дисциплины	Количество часов по видам учебных занятий	
			Лекции	Практические занятия
	P1	Математическое моделирование	2	2
	P2	Статистическое изучение взаимосвязи биологических явлений	1	2
	P3	Проверка статистических гипотез	1	2
		Итого:	4	6

#### Очно-заочная форма обучения

Рубеж дисциплины	Шифр раздела, темы дисциплины	Наименование раздела, темы дисциплины	Количество часов по видам учебных занятий	
			Лекции	Практические занятия
	P1	Математическое моделирование	2	2
	P2	Статистическое изучение взаимосвязи биологических явлений	1	2
	P3	Проверка статистических гипотез	1	2
		Итого:	4	6

### 4.2. Содержание лекционных и практических занятий

#### Раздел 1. Математическое моделирование



Математическая модель. Виды математических моделей. Основные этапы математического моделирования. Составление математических моделей, сводящихся к решению дифференциальных уравнений.

## Раздел 2. Статистическое изучение взаимосвязи биологических явлений

Функциональная, статистическая и корреляционная зависимость. Основные задачи и предпосылки применения корреляционно-регрессионного анализа. Парная регрессия на основе метода наименьших квадратов. Корреляционная зависимость, коэффициент корреляции, условное математическое ожидание  $X|Y$  и  $Y|X$ , функция регрессии  $X|Y$  и  $Y|X$ , линейная корреляция, уравнения регрессии  $X|Y$  и  $Y|X$ . Оценка тесноты и существенности связи. Принятие решений на основе уравнения регрессии

## Раздел 3. Проверка статистических гипотез

Понятие статистической гипотезы. Виды статистических гипотез. Сравнение дисперсий двух нормальных генеральных совокупностей. Проверка гипотезы о нормальном распределении по критерию Пирсона, проверка гипотезы о значимости выборочного коэффициента корреляции.

### 4.3 Содержание практических занятий.

Шифр раздела, темы дисциплины	Наименование раздела, темы дисциплины	Наименование и содержание практических занятий	Трудоемкость, часы	
			Очная форма обучения	Очно-заочная форма обучения
P1	Математическое моделирование	Составление моделей, сводящихся к решению дифференциальных уравнений	1,5	1,5
		Рубеж 1 (самостоятельная работа 1)	0,5	0,5
P2	Статистическое изучение взаимосвязи социальных явлений	Парная регрессия на основе метода наименьших квадратов. Корреляционная зависимость, коэффициент корреляции, условное математическое ожидание $X Y$ и $Y X$ , функция регрессии $X Y$ и $Y X$ , линейная корреляция, уравнения регрессии $X Y$ и $Y X$ .	0,5	0,5
		Множественная регрессия.	0,5	0,5
		Оценка тесноты и существенности связи. Принятие решения на основе уравнения регрессии Рубеж 2 (реферат (домашняя самостоятельная работа 2))	1	1



РЗ	Проверка статистических гипотез	Сравнение дисперсий двух нормальных генеральных совокупностей Проверка гипотезы о нормальном распределении по критерию Пирсона	1	1
		Проверка гипотезы о значимости выборочного коэффициента корреляции	0,5	0,5
		Рубеж 3 (самостоятельная работа 3)	0,5	0,5
		Итого:	6	6

## 5. МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ ДЛЯ ОБУЧАЮЩИХСЯ ПО ОСВОЕНИЮ ДИСЦИПЛИНЫ

При прослушивании лекций рекомендуется в конспекте отмечать все важные моменты, теоремы и формулы, свойства на которых заостряет внимание преподаватель. Перед лекцией необходимо повторить материал, выделить непонятные места в лекции, чтобы обсудить их на занятии.

Преподавателем запланировано применение на лекционных занятиях технологий коллективного взаимодействия, разбора конкретных ситуаций, групповая форма работы обучающихся на этапе повторения материала.

Практические занятия будут проводиться с использованием различных технологий (индивидуализированного обучения, групповой формы обучения)

Для текущего контроля успеваемости по очной и очно-заочной форме обучения преподавателем используется балльно-рейтинговая система контроля и оценки академической активности. Поэтому настоятельно рекомендуется тщательно прорабатывать материал дисциплины при самостоятельной работе, участвовать во всех формах обсуждения и взаимодействия, как на лекциях, так и на практических занятиях в целях лучшего освоения материала и получения высокой оценки по результатам освоения дисциплины.

Выполнение самостоятельной работы подразумевает подготовку к практическим занятиям, к рубежным контролям - самостоятельным работам, подготовку к зачёту.

Рекомендуемая трудоемкость самостоятельной работы представлена в таблице:

### Рекомендуемый режим самостоятельной работы

Наименование вида самостоятельной работы	Рекомендуемая трудоемкость, акад. час.	
	Очная форма обучения	Очно- заочная форма обучения



Углубленное изучение разделов, тем дисциплины лекционного курса: - принципы математического моделирования, классификация моделей - примеры математических моделей биологических процессов - методы проверки статистических гипотез	10	10
Подготовка к рубежному контролю 1	9	9
Подготовка к рубежному контролю 2	9	6
Подготовка к рубежному контролю 3	10	10
Подготовка к практическим занятиям (по 2 часа на занятие)	6	6
Подготовка к зачёту	18	18
<b>Всего:</b>	<b>62</b>	<b>62</b>

## 6. ФОНД ОЦЕНОЧНЫХ СРЕДСТВ ДЛЯ АТТЕСТАЦИИ ПО ДИСЦИПЛИНЕ

### 6.1. Перечень оценочных средств

1. Балльно-рейтинговая система контроля и оценки академической активности магистров в КГУ (для очной и очно-заочной форм обучения).
2. Перечень вопросов к зачёту.
3. Задания для рубежного контроля 1, 2, 3.

### 6.2. Система балльно-рейтинговой оценки работы обучающихся по дисциплине

*Очная, очно-заочная форма обучения*

№	Наименование	Содержание				
		Распределение баллов за 3 семестр				
1	Распределение баллов за семестры по видам учебной работы, сроки сдачи учебной работы (доводятся до сведения магистров на первом учебном занятии)	Вид УР:	Работа на лекции	Работа на практических занятиях	Выполнение проверочных самостоятельных работ (рубежный контроль 1, 2, 3)	Зачёт
		Балльная оценка:	5 баллов	от 3 до 5 баллов	от 10 до 15 баллов	30
		Примечания:	2 лекции, максимум 10 баллов	3 практических занятия (по 5б), максимум 15 баллов	3 самостоятельные работы, максимум 45 баллов	
2	Критерий пересчета баллов в традиционную оценку по итогам работы в семестре и зачёта	60 и менее – незачтено, 61 и более – зачтено				



3	Критерии допуска к промежуточной аттестации, возможности получения автоматического зачета (экзаменационной оценки) по дисциплине, возможность получения бонусных баллов.	<p>Для допуска к промежуточной аттестации (зачёту) магистрант должен по итогам текущего контроля выполнить все практические работы и набрать не менее 50 баллов.</p> <p>Для получения зачёта «автоматически» магистру необходимо набрать за семестр 61 балл и выше.</p> <p>По согласованию с преподавателем магистранту могут быть добавлены дополнительные (бонусные) баллы за активное участие в научной и методической работе, оригинальность принятых решений в ходе выполнения практических работ, за участие в значимых учебных и внеучебных мероприятиях кафедры.</p>
4	Формы и виды учебной работы для не успевающих (восстановившихся на курсе обучения) магистров для получения недостающих баллов в конце семестра	<p>В случае если к промежуточной аттестации не выполнены все задания и набрано менее 50 баллов, то, магистранту необходимо выполнить дополнительные задания, до конца последней (зачетной) недели семестра. При этом необходимо проработать материал всех пропущенных лекционных и практических занятий.</p> <p>Формы дополнительных заданий (назначаются преподавателем):</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- выполнение и защита отчетов по пропущенным практическим занятиям (5 баллов);</li> <li>- прохождение рубежного контроля (баллы в зависимости от рубежа)</li> </ul> <p>Ликвидация академических задолженностей, возникших из-за разности в учебных планах при переводе или восстановлении, проводится путем выполнения дополнительных заданий, форма и объем которых определяется преподавателем.</p>

### 6.3. Процедура оценивания результатов освоения дисциплины

Рубежные контроли проводятся в форме самостоятельных работ. Первая самостоятельная работа проводится на занятии, на её выполнение отводится 15-30 минут. Эта работа состоит в решении задачи по составлению модели некоторого простейшего биологического процесса и решении получившегося дифференциального уравнения. Второй рубеж предполагает выполнение домашней самостоятельной работы по написанию небольшого реферата по различным примерам математических моделей биологических процессов. Реферат сдаётся на зачёте. Третья самостоятельная работа выполняется на последнем занятии и состоит из двух задач, относящихся к темам второго и третьего раздела.

Зачёт проводится в виде собеседования по изученным темам. На подготовку к ответу отводится не более 40 минут.

Результаты рубежного контроля успеваемости и зачёта заносятся преподавателем в зачётную ведомость, которая сдаётся в организационный отдел института в день сдачи зачёта (не позже последнего дня зачётной недели), а также выставляются в зачетную книжку обучающегося.



#### **6.4. Примеры оценочных средств для рубежных контролей и зачёта**

##### **Примерный вариант самостоятельной работы 1 (рубежный контроль 1)**

1. Скорость распада некоторого лекарственного вещества пропорциональна наличному количеству лекарства. Известно, что по истечении 1 ч в организме осталось 31,4 г лекарственного вещества, а по истечении 3 ч – 9,7 г. Определить:
  - 1) сколько лекарственного вещества было введено в организм;
  - 2) через сколько времени после введения в организм останется 1% первоначального количества.

##### **Примерные задания (темы рефератов) самостоятельной работы 2 (рубежный контроль 2)**

1. Понятие модели. Объекты, цели и методы моделирования. Классификация моделей.
2. Компьютерные и математические модели. История первых моделей в биологии.
3. Компьютерные и математические модели. Современная классификация моделей биологических процессов.
4. Понятие модели. Объекты, цели и методы моделирования. Модели в разных науках.
5. Имитационные модели, примеры.
6. Регрессионные модели, примеры.
7. Качественные модели, примеры.
8. Специфика моделирования живых систем. Модель популяции с наименьшей критической численностью.
9. Специфика моделирования живых систем. Модели роста популяций. Уравнение экспоненциального роста.
10. Специфика моделирования живых систем. Модели роста популяций. Ограниченный рост.
11. Дискретные модели популяций. Дискретное логистическое уравнение.
12. Матричные модели популяций. Пример популяции из трёх возрастных групп.
13. Вероятностные модели популяций. Вероятностное описание процессов размножения и гибели.
14. Вероятностные модели популяций. Учет флуктуаций среды.
15. Элементы кластерного анализа, задачи, применения.

##### **Примерный вариант самостоятельной работы 3 (Рубежный контроль 3)**

1. При уровне значимости 0,05 проверить гипотезу о нормальном распределении величин массы и роста студентов 2 курса, используя критерий  $\chi^2$  Пирсона.



X, кг	52	55	72	57	65	67	64	74	67	60	82	76	53	59	59	60
Y, см	156	168	171	167	169	166	170	186	178	170	185	177	172	166	170	170

X, кг	60	45	53	64	50	52	71	68	67	65	60	71	47	56	54	49	75
Y, см	173	162	162	158	158	167	186	168	180	165	175	181	158	158	169	175	175

2. По данным следующей таблицы определить вид корреляционной зависимости, вычислить коэффициент корреляции и составить уравнения прямых регрессии:

$x_i \backslash y_i$	1	2	3	4
1	2			
2	1	1	2	
3		2	2	1
4				2
5				2

### Вопросы на зачёт

1. Статистическое распределение выборки.
2. Проверка гипотезы о нормальном распределении выборки.
3. Линейная корреляция.
4. Статистическая оценка параметров распределения. Оценка генеральной средней.
5. Статистическая оценка параметров распределения. Оценка генеральной дисперсии.
6. Интервальная оценка. Доверительный интервал для МО нормального распределения.
7. Понятие о статистической совокупности, выборке. Статистическое распределение выборки. Эмпирическая функция распределения. Полигон и гистограмма.
8. Характеристики эмпирического распределения и их вычисление.
9. Оценки параметров генеральной совокупности по её выборке. Точность оценки параметров.
10. Проверка статистических гипотез. Сравнение эмпирических распределений с нормальным и другими теоретическими распределениями.
11. Понятие о корреляционной зависимости, о функции регрессии, о линиях регрессии.
12. Математические методы и моделирование в целенаправленной деятельности: типы математических моделей, значение математических моделей, области применения и многообразие математических методов, обработка данных.



13. Примеры математических моделей – модель системы хищник-жертва, детерминистская и стохастическая модели эпидемий, модель развития популяций (численность популяции), матричная теория популяций.

### 6.5. Фонд оценочных средств

Полный банк заданий для текущего, рубежных контролей и промежуточной аттестации по дисциплине, показатели, критерии, шкалы оценивания компетенций, методические материалы, определяющие процедуры оценивания образовательных результатов, приведены в учебно-методическом комплексе дисциплины.

## 7. ОСНОВНАЯ И ДОПОЛНИТЕЛЬНАЯ УЧЕБНАЯ ЛИТЕРАТУРА

### 7.1. Основная учебная литература

1. Математическое моделирование: Идеи. Методы. Примеры [Электронный ресурс] / Самарский А.А., Михайлов А.П. - 2-е изд., испр. - М.: ФИЗМАТЛИТ, 2005. - 320 с. – Доступ из ЭБС «Консультант студента»
2. Метрический анализ и обработка данных [Электронный ресурс] / Крянев А.В., Лукин Г.В., Удумян Д.К. - М.: ФИЗМАТЛИТ, 2012. - 308 с. – Доступ из ЭБС «Консультант студента»
3. Динамические системы и модели в биологии [Электронный ресурс] / Братусь А.С., Новожилов А.С., Платонов А.П. - М. : ФИЗМАТЛИТ, 2009. - 400 с. – Доступ из ЭБС «Консультант студента»

### 7.2. Дополнительная литература

1. Баврин И. И. Высшая математика. – М.: Издательский центр «Академия», 2002.
2. Рост леса: уровни описания и моделирования [Электронный ресурс] / Гавриков В.Л. - Красноярск : СФУ, 2013. - 176 с. – Доступ из ЭБС «Консультант студента»
3. Гмурман В. Е. Теория вероятностей и математическая статистика. – Москва: Высшее образование, 2006. – 479с.

## 8. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ САМОСТОЯТЕЛЬНОЙ РАБОТЫ ОБУЧАЮЩИХСЯ

Методические указания по курсу находятся в УМК по дисциплине.

## 9. РЕСУРСЫ СЕТИ «ИНТЕРНЕТ», НЕОБХОДИМЫЕ ДЛЯ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

№	Интернет-ресурс	Краткое описание
1	<a href="http://en.edu.ru/">http://en.edu.ru/</a>	Портал является составной частью федерального портала "Российское



		образование". Содержит ресурсы и ссылки на ресурсы по естественно-научным дисциплинам (физика, математика, химия и биология).
2	<a href="http://www.edu.ru/">http://www.edu.ru/</a>	Федеральный портал «Российское образова/ние».
3	<a href="http://ru.wikipedia.org">http://ru.wikipedia.org</a>	Энциклопедия Википедия
4	<a href="http://www.msu.ru">http://www.msu.ru</a>	Сайт Московского государственного университета им. М.В.Ломоносова.

## **10. ИНФОРМАЦИОННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ, ПРОГРАММНОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ И ИНФОРМАЦИОННЫЕ СПРАВОЧНЫЕ СИСТЕМЫ**

При изучении курса используются офисные программы Microsoft Windows7 Корпоративная или XP, Microsoft Office, Open Office 4.1.3.



Аннотация к рабочей программе дисциплины

## **Математическое моделирование биологических процессов**

образовательной программы высшего образования –

программы магистратуры

### **06.04.01. Биология**

Направленности: **Микробиология, Физиология,**

Формы обучения: очная (Микробиология; Физиология); очно-заочная (Микробиология).

Трудоемкость дисциплины: 2 ЗЕ (72 академических часа)

Семестр: 3 (очная, очно-заочная формы обучения).

Форма промежуточной аттестации: Зачёт

### Содержание дисциплины

Математическое моделирование, основные этапы математического моделирования, классификация моделей; математические методы исследования биологических процессов; статистическое изучение биологических явлений, проверка статистических гипотез.