

**МИНОБРНАУКИ РОССИИ**

**Федеральное государственное автономное образовательное  
учреждение высшего образования "Пермский  
государственный национальный исследовательский  
университет"**

**Кафедра зоологии беспозвоночных и водной экологии**

**Авторы-составители: Москвина Наталья Викторовна  
Лямин Михаил Яковлевич**

Рабочая программа дисциплины

**МАТЕМАТИЧЕСКИЕ МЕТОДЫ В БИОЛОГИИ**

Код УМК 76973

Утверждено  
Протокол №5  
от «27» мая 2021 г.

Пермь, 2021

## **1. Наименование дисциплины**

Математические методы в биологии

## **2. Место дисциплины в структуре образовательной программы**

Дисциплина входит в обязательную часть Блока « Б.1 » образовательной программы по направлениям подготовки (специальностям):

Направление подготовки: **06.03.01** Биология  
направленность Зоология

### **3. Планируемые результаты обучения по дисциплине**

В результате освоения дисциплины **Математические методы в биологии** у обучающегося должны быть сформированы следующие компетенции:

**06.03.01** Биология (направленность : Зоология)

**ОПК.6** Способен осваивать новые технологии и применять их для проведения естественнонаучных исследований

**Индикаторы**

**ОПК.6.2** Применяет в профессиональной деятельности современные технологии естественнонаучных исследований

**ПК.2** Способен к использованию в профессиональной деятельности современных методов исследования живых систем

**Индикаторы**

**ПК.2.4** применяет в исследовательской деятельности современный математический аппарат, проводит вычислительные эксперименты, работает с большими базами данных

#### 4. Объем и содержание дисциплины

<b>Направление подготовки</b>	06.03.01 Биология (направленность: Зоология)
<b>форма обучения</b>	очная
<b>№№ триместров, выделенных для изучения дисциплины</b>	7
<b>Объем дисциплины (з.е.)</b>	3
<b>Объем дисциплины (ак.час.)</b>	108
<b>Контактная работа с преподавателем (ак.час.), в том числе:</b>	42
<b>Проведение лекционных занятий</b>	14
<b>Проведение лабораторных работ, занятий по иностранному языку</b>	28
<b>Самостоятельная работа (ак.час.)</b>	66
<b>Формы текущего контроля</b>	Защищаемое контрольное мероприятие (3) Итоговое контрольное мероприятие (1)
<b>Формы промежуточной аттестации</b>	Экзамен (7 триместр)

## 5. Аннотированное описание содержания разделов и тем дисциплины

### Математические методы в биологии. Первый семестр

#### Предмет и основные понятия биологической статистики. Средние величины

Краткая история появления и развития теории вероятностей и математической статистики. Основные понятия математической статистики. Необходимость использования математических методов в биологических исследованиях.

Статистическая совокупность и ее свойства. Генеральная и выборочная совокупность. Способы отбора объектов в выборку. Численность генеральной и выборочной совокупности. Статистические гипотезы. Биологические признаки и их классификация. Количественные и качественные признаки. Признаки счетные и мерные. Альтернативные признаки.

#### Разнообразие значений признаков. Распределение

Лимиты, среднее квадратическое отклонение, коэффициент вариации, дисперсия, варианса. Смысл этих показателей при характеристике биологических явлений. Понятие выравниваемости.

Виды распределений. Способы изображения распределений. Вариационный ряд. Гистограмма.

Разбивка на классы. Нормальное распределение. Асимметрия. Биномиальное распределение.

Распределение Пуассона.

Нормальное распределение и закон нормального распределения. Нормированное отклонение. Связь этих понятий. Закон больших чисел и распределение малых выборок. Распределение Стьюдента.

#### Репрезентативность выборочных показателей

Роль ошибок репрезентативности в статистическом анализе. Ошибки средней арифметической. Ошибки разности средних арифметических. Ошибки репрезентативности качественных показателей. Ошибки показателей разнообразия. Критерий Фишера.

Доверительный интервал. Понятие достоверности. Методы ее определения. Критерий Стьюдента при определении вероятности. Точность опыта. Вопрос об артефактах. Определение необходимого объема выборки.

#### Корреляционный анализ

Типы корреляционных связей. Особенности корреляционной связи. Ее отличие от функциональной.

Прямая и обратная корреляционная зависимость. Прямолинейная и криволинейная связь. парная и множественная корреляционная связь. Связь между качественными признаками. Способы изображения корреляционной зависимости. Показатели корреляционной связи. Коэффициент корреляции.

Корреляционное отношение. Ошибки репрезентативности этих показателей. Критерий криволинейности связей. Множественный и частный коэффициенты корреляции.

#### Регрессионный анализ. Дисперсионный анализ

Линейная и нелинейная регрессия. Модель линейной регрессии и оценка ее параметров. Коэффициент линейной регрессии. Сравнение двух коэффициентов регрессии. Сопоставление корреляционной и регрессионной связи. Интерпретация статистической зависимости.

Достоверность. Генеральный коэффициент регрессии. Три степени вероятности при определении достоверности коэффициента регрессии и его доверительного интервала. Нахождение данных показателей при сравнении двух коэффициентов регрессии.

Сущность дисперсионного анализа. Однофакторный дисперсионный анализ. Основные понятия. Организация однофакторного дисперсионного комплекса. Техника вычислений в однофакторном дисперсионном комплексе.

Двухфакторный дисперсионный анализ. Двухфакторный дисперсионный анализ для небольшой и для многочисленной группы данных. рабочие формулы при двухфакторном анализе.

## **Итоговое контрольное мероприятие**

Всесторонний анализ выборки, решение исследовательских задач с помощью методов статистической обработки данных экспериментальных исследований

## **Математические методы в биологии.**

### **Понятие моделирования. Математические модели**

Понятие моделирования. Объект, метод и цель моделирования. Типы моделей. Обработка эмпирических данных. Выделение функциональных взаимосвязей между входными сигналами и выходными реакциями. Место математических моделей в многообразии моделей. Математическое моделирование как метод исследования объектов-оригиналов на основе создания математических моделей. Интерпретации в математическом моделировании. Соответствие между математической и реальной системами. Построение моделей с помощью математического аппарата. Параметризация - присвоение переменных объекту. Алгоритм моделирования. Качественные, регрессионные и имитационные модели. Математический аппарат моделирования. Модели, описываемые одним уравнением.

### **Базовые математические модели**

Модели, описываемые одним уравнением. Понятие устойчивости стационарного состояния и устойчивости решения. Метод Ляпунова и графический метод исследования устойчивости стационарного состояния.

Непрерывные модели Мальтуса, Ферхюльста, модель с минимальной критической численностью. Модели роста отдельной популяции.

### **Модели динамики популяций**

Система двух линейных уравнений, ее решение. Типы особых точек. Фазовая плоскость и фазовый портрет. Метод изоклин.

Главные изоклины вертикальных и горизонтальных касательных. Уравнение конкурентного взаимодействия видов.

Автоколебательные системы. Система хищник-жертва. Анализ модели. Характеристика фазовой траектории при различных параметрах модели. Самоограничения в модели.

### **Создание комплексных моделей**

Построение моделей трех и более переменных. Анализ частных фазовых траекторий и параметров моделей. Моделирование множественных внутри и меж-популяционных взаимодействий. Решение задач по моделированию биологических процессов.

### **Анализ и построение комплексных моделей**

Построение моделей трех и более переменных. Анализ частных фазовых траекторий и параметров моделей. Моделирование множественных внутри и меж-популяционных взаимодействий. Решение задач по моделированию биологических процессов.

## **6. Методические указания для обучающихся по освоению дисциплины**

Освоение дисциплины требует систематического изучения всех тем в той последовательности, в какой они указаны в рабочей программе.

Основными видами учебной работы являются аудиторские занятия. Их цель - расширить базовые знания обучающихся по осваиваемой дисциплине и систему теоретических ориентиров для последующего более глубокого освоения программного материала в ходе самостоятельной работы. Обучающемуся важно помнить, что контактная работа с преподавателем эффективно помогает ему овладеть программным материалом благодаря расстановке необходимых акцентов и удержанию внимания интонационными модуляциями голоса, а также подключением аудио-визуального механизма восприятия информации.

Самостоятельная работа преследует следующие цели:

- закрепление и совершенствование теоретических знаний, полученных на лекционных занятиях;
- формирование навыков подготовки текстовой составляющей информации учебного и научного назначения для размещения в различных информационных системах;
- совершенствование навыков поиска научных публикаций и образовательных ресурсов, размещенных в сети Интернет;
- самоконтроль освоения программного материала.

Обучающемуся необходимо помнить, что результаты самостоятельной работы контролируются преподавателем во время проведения мероприятий текущего контроля и учитываются при промежуточной аттестации.

Обучающимся с ОВЗ и инвалидов предоставляется возможность выбора форм проведения мероприятий текущего контроля, альтернативных формам, предусмотренным рабочей программой дисциплины. Предусматривается возможность увеличения в пределах 1 академического часа времени, отводимого на выполнение контрольных мероприятий.

Процедура оценивания результатов обучения инвалидов и лиц с ограниченными возможностями здоровья по дисциплине предусматривает предоставление информации в формах, адаптированных к ограничениям их здоровья и восприятия информации.

При проведении текущего контроля применяются оценочные средства, обеспечивающие передачу информации, от обучающегося к преподавателю, с учетом психофизиологических особенностей здоровья обучающихся.

## **7. Перечень учебно-методического обеспечения для самостоятельной работы обучающихся по дисциплине**

При самостоятельной работе обучающимся следует использовать:

- конспекты лекций;
- литературу из перечня основной и дополнительной учебной литературы, необходимой для освоения дисциплины (модуля);
- текст лекций на электронных носителях;
- ресурсы информационно-телекоммуникационной сети "Интернет", необходимые для освоения дисциплины;
- лицензионное и свободно распространяемое программное обеспечение из перечня информационных технологий, используемых при осуществлении образовательного процесса по дисциплине;
- методические указания для обучающихся по освоению дисциплины.

## 8. Перечень основной и дополнительной учебной литературы

### Основная:

1. Братусь А. С., Новожилов А. С., Платонов А. П. Динамические системы и модели биологии/А.С. Братусь, А.С. Новожилов, А.П. Платонов.-Москва:ФИЗМАТЛИТ,2010, ISBN 978-5-9221-1192-8.-400.- Библиогр.: с. 390-400
2. Статистика:учебное пособие для вузов/А. В. Багат [и др.] ; ред. В. М. Симчера.-Москва:Финансы и статистика,2008, ISBN 978-5-279-02788-0.-368.-Библиогр.: с. 363-364
3. Смит Дж. М. Модели в экологии/Дж. М. Смит ; пер. с англ. Н. О. Фомина, ред., авт. предисл. А. Д. Базыкин.-Москва:Мир,1976.-184.-Библиогр.: с. 173-177. - Предм. указ.: с. 178-182

### Дополнительная:

1. Фролов Ю. П. Введение в математическое моделирование биологических процессов Ч. 2. Организмы и популяции/Ю. П. Фролов.-Самара:Издательство Самарского университета,1994, ISBN 5-230-06016-6.- 318
2. Биометрия:учебное пособие/Н. В. Глотов [и др.] ; ред. М. М. Тихомирова.-Ленинград:Издательство Ленинградского университета,1982.-264.
3. Коршунов Д. А., Чернова Н. И. Сборник задач и упражнений по математической статистике:учебное пособие/Д. А. Коршунов, Н. И. Чернова.-Новосибирск:Издательство Института математики,2004, ISBN 5-86134-121-4.-128.-Библиогр.: с. 116-117
4. Математические модели в экологии и генетике:научное издание/Академия наук СССР, Московское общество испытателей природы.-Москва:Наука,1981.-176.-Библиогр. в конце ст.
5. Статистика:методические указания к лабораторным работам/Федеральное агентство по образованию, Пермский государственный университет, Кафедра физиологии растений и микроорганизмов.- Пермь,2006.-47.-Библиогр.: с. 43



## **9. Перечень ресурсов сети Интернет, необходимых для освоения дисциплины**

<http://www.library.biophys.msu.ru/MathMod/BM.HTML#b1> Г. Ю. Резниченко. Биология математическая.

## **10. Перечень информационных технологий, используемых при осуществлении образовательного процесса по дисциплине**

Образовательный процесс по дисциплине **Математические методы в биологии** предполагает использование следующего программного обеспечения и информационных справочных систем: презентационные материалы (слайды по темам лекционных и практических занятий); доступ в режиме on-line в Электронную библиотечную систему (ЭБС) доступ в электронную информационно-образовательную среду университета.

Перечень необходимого лицензионного и (или) свободно распространяемого программного обеспечения:

- 1) офисный пакет приложений (текстовый процессор, программа для подготовки электронных презентаций);
  - 2) программа демонстрации видеоматериалов (проигрыватель);
  - 3) приложение, позволяющее просматривать и воспроизводить медиаконтент PDF-файлов;
- Дисциплина не предусматривает использование специализированного программного обеспечения

При освоении материала и выполнения заданий по дисциплине рекомендуется использование материалов, размещенных в Личных кабинетах обучающихся ЕТИС ПГНИУ ([student.psu.ru](http://student.psu.ru)).

При организации дистанционной работы и проведении занятий в режиме онлайн могут использоваться:

- система видеоконференцсвязи на основе платформы BigBlueButton (<https://bigbluebutton.org/>).
- система LMS Moodle (<http://e-learn.psu.ru/>), которая поддерживает возможность использования текстовых материалов и презентаций, аудио- и видеоконтент, а так же тесты, проверяемые задания, задания для совместной работы.
- система тестирования Indigo (<https://indigotech.ru/>).

## **11. Описание материально-технической базы, необходимой для осуществления образовательного процесса по дисциплине**

Для проведения лекционных занятий необходима учебная аудитория, оснащенная специализированной мебелью, демонстрационным оборудованием (проектор, экран, компьютер/ноутбук) с соответствующим программным обеспечением, меловой (и) или маркерной доской.

Для проведения практических занятий необходима учебная аудитория, оснащенная компьютерами (компьютерный класс), демонстрационным оборудованием (проектор, экран, компьютер/ноутбук) с соответствующим программным обеспечением, меловой (и) или маркерной доской.

Для проведения мероприятий текущего контроля и промежуточной аттестации, групповых и индивидуальных консультаций необходима учебная аудитория, оснащенная специализированной мебелью, демонстрационным оборудованием (проектор, экран, компьютер/ноутбук) с соответствующим программным обеспечением, меловой (и) или маркерной доской.

Помещения научной библиотеки ПГНИУ для обеспечения самостоятельной работы обучающихся:

1. Научно-библиографический отдел, корп.1, ауд. 142. Оборудован 3 персональными компьютера с доступом к локальной и глобальной компьютерным сетям.

2. Читальный зал гуманитарной литературы, корп. 2, ауд. 418. Оборудован 7 персональными компьютерами с доступом к локальной и глобальной компьютерным сетям.

3. Читальный зал естественной литературы, корп.6, ауд. 107а. Оборудован 5 персональными компьютерами с доступом к локальной и глобальной компьютерным сетям.

4. Отдел иностранной литературы, корп.2 ауд. 207. Оборудован 1 персональным компьютером с доступом к локальной и глобальной компьютерным сетям.

5. Библиотека юридического факультета, корп.9, ауд. 4. Оборудована 11 персональными компьютерами с доступом к локальной и глобальной компьютерным сетям.

6. Читальный зал географического факультета, корп.8, ауд. 419. Оборудован 6 персональными компьютерами с доступом к локальной и глобальной компьютерным сетям.

Все компьютеры, установленные в помещениях научной библиотеки, оснащены следующим программным обеспечением:

Операционная система ALT Linux;

Офисный пакет Libreoffice.

Справочно-правовая система «КонсультантПлюс»

**Фонды оценочных средств для аттестации по дисциплине  
Математические методы в биологии**

**Планируемые результаты обучения по дисциплине для формирования компетенции.  
Индикаторы и критерии их оценивания**

**ОПК.6**

**Способен осваивать новые технологии и применять их для проведения  
естественнонаучных исследований**

Компетенция (индикатор)	Планируемые результаты обучения	Критерии оценивания результатов обучения
<p><b>ОПК.6.2</b> Применяет в профессиональной деятельности современные технологии естественнонаучных исследований</p>	<p>Умеет строить систему из двух дифференциальных уравнений. Знает типы особых точек. Знает, что такое фазовая плоскость и фазовый портрет. Владеет методами построения моделей конкурентного взаимодействия видов и системы хищник-жертва. Умеет строить модели из трех и более дифференциальных уравнений. Умеет моделировать различные межпопуляционные взаимодействия.</p>	<p align="center"><b>Неудовлетворител</b></p> <p>Не умеет строить систему из двух дифференциальных уравнений. Не знает типы особых точек. Не знает, что такое фазовая плоскость и фазовый портрет. Не владеет методами построения моделей конкурентного взаимодействия видов и системы хищник-жертва. Не умеет строить модели из трех и более дифференциальных уравнений. Не умеет моделировать различные межпопуляционные взаимодействия.</p> <p align="center"><b>Удовлетворительн</b></p> <p>Умеет строить систему из двух дифференциальных уравнений. Не знает типы особых точек. Знает, что такое фазовая плоскость и фазовый портрет. Плохо владеет методами построения моделей конкурентного взаимодействия видов и системы хищник-жертва. Не умеет строить модели из трех и более дифференциальных уравнений. Не умеет моделировать различные межпопуляционные взаимодействия.</p> <p align="center"><b>Хорошо</b></p> <p>Умеет строить систему из двух дифференциальных уравнений. Знает типы особых точек. Знает, что такое фазовая плоскость и фазовый портрет. Владеет методами построения моделей конкурентного взаимодействия видов и</p>

Компетенция (индикатор)	Планируемые результаты обучения	Критерии оценивания результатов обучения
		<p style="text-align: center;"><b>Хорошо</b></p> <p>системы хищник-жертва. Не достаточно хорошо умеет строить модели из трех и более дифференциальных уравнений. Не достаточно хорошо умеет моделировать различные межпопуляционные взаимодействия.</p> <p style="text-align: center;"><b>Отлично</b></p> <p>Умеет строить систему из двух дифференциальных уравнений. Знает типы особых точек. Знает, что такое фазовая плоскость и фазовый портрет. Владеет методами построения моделей конкурентного взаимодействия видов и системы хищник-жертва. Умеет строить модели из трех и более дифференциальных уравнений. Умеет моделировать различные межпопуляционные взаимодействия.</p>

## ПК.2

### Способен к использованию в профессиональной деятельности современных методов исследования живых систем

Компетенция (индикатор)	Планируемые результаты обучения	Критерии оценивания результатов обучения
<p><b>ПК.2.4</b> применяет в исследовательской деятельности современный математический аппарат, проводит вычислительные эксперименты, работает с большими базами данных</p>	<p>Знает методы регрессионного, дисперсионного, кластерного анализа выборки. Проводит вычислительные эксперименты, работает с большими базами данных</p>	<p style="text-align: center;"><b>Неудовлетворител</b></p> <p>Имеет существенные пробелы в знаниях регрессионного, дисперсионного, кластерного методов анализа выборки. Не умеет анализировать большие базы данных</p> <p style="text-align: center;"><b>Удовлетворительн</b></p> <p>Фрагментарно знает методы регрессионного, дисперсионного, кластерного анализа выборки. Испытывает существенные затруднения при применении этих методов для анализа выборки</p> <p style="text-align: center;"><b>Хорошо</b></p> <p>Знает методы регрессионного, дисперсионного, кластерного анализа выборки. Испытывает незначительные затруднения при применении этих методов</p>

<b>Компетенция (индикатор)</b>	<b>Планируемые результаты обучения</b>	<b>Критерии оценивания результатов обучения</b>
		<p style="text-align: center;"><b>Хорошо</b></p> <p>для анализа выборки</p> <p style="text-align: center;"><b>Отлично</b></p> <p>Знает методы регрессионного, дисперсионного, кластерного анализа выборки. Проводит вычислительные эксперименты, работает с большими базами данных</p>

## Оценочные средства текущего контроля и промежуточной аттестации

Схема доставки : 2022

**Вид мероприятия промежуточной аттестации :** Экзамен

**Способ проведения мероприятия промежуточной аттестации :** Оценка по дисциплине в рамках промежуточной аттестации определяется на основе баллов, набранных обучающимся на контрольных мероприятиях, проводимых в течение учебного периода.

**Максимальное количество баллов :** 100

### Конвертация баллов в отметки

«отлично» - от 81 до 100

«хорошо» - от 61 до 80

«удовлетворительно» - от 48 до 60

«неудовлетворительно» / «незачтено» менее 48 балла

Компетенция (индикатор)	Мероприятие текущего контроля	Контролируемые элементы результатов обучения
<b>ОПК.6.2</b> Применяет в профессиональной деятельности современные технологии естественнонаучных исследований	Корреляционный анализ <b>Защищаемое контрольное мероприятие</b>	Корреляционного анализа. Типы корреляционных связей.
<b>ПК.2.4</b> применяет в исследовательской деятельности современный математический аппарат, проводит вычислительные эксперименты, работает с большими базами данных	Итоговое контрольное мероприятие <b>Защищаемое контрольное мероприятие</b>	Модель линейной регрессии. Корреляционные и регрессионные связи. Дисперсионный анализ. Однофакторный дисперсионный анализ. Двухфакторный дисперсионный анализ.
<b>ОПК.6.2</b> Применяет в профессиональной деятельности современные технологии естественнонаучных исследований	Модели динамики популяций <b>Защищаемое контрольное мероприятие</b>	Система двух дифференциальных уравнений. Типы особых точек. Фазовая плоскость и фазовый портрет. Уравнение конкурентного взаимодействия видов. Модель системы хищник-жертва.
<b>ПК.2.4</b> применяет в исследовательской деятельности современный математический аппарат, проводит вычислительные эксперименты, работает с большими базами данных	Анализ и построение комплексных моделей <b>Итоговое контрольное мероприятие</b>	Построение моделей из трех и более дифференциальных уравнений. Анализ частных фазовых траекторий и параметров моделей. Моделирование множественных межпопуляционных взаимодействий. Моделирование биологических процессов.

### Спецификация мероприятий текущего контроля

## Корреляционный анализ

Продолжительность проведения мероприятия промежуточной аттестации: **2 часа**

Условия проведения мероприятия: **в часы самостоятельной работы**

Максимальный балл, выставляемый за мероприятие промежуточной аттестации: **25**

Проходной балл: **12**

Показатели оценивания	Баллы
Отлично понимает суть корреляционного анализа. Умеет проводить с данными корреляционный анализ. Знает и понимает все типы корреляционных связей.	25
Хорошо понимает суть корреляционного анализа. Умеет проводить с данными корреляционный анализ. Не достаточно хорошо знает типы корреляционных связей.	20
Плохо понимает суть корреляционного анализа. Слабо умеет проводить с данными корреляционный анализ. Не достаточно знает типы корреляционных связей.	12
Не понимает сути корреляционного анализа. Не умеет проводить с данными корреляционный анализ. Не знает типы корреляционных связей.	5

## Итоговое контрольное мероприятие

Продолжительность проведения мероприятия промежуточной аттестации: **2 часа**

Условия проведения мероприятия: **в часы самостоятельной работы**

Максимальный балл, выставляемый за мероприятие промежуточной аттестации: **25**

Проходной балл: **12**

Показатели оценивания	Баллы
Понимает суть модели линейной регрессии. Может сопоставить корреляционные и регрессионные связи. Знает сущность дисперсионного анализа. Хорошо проводит однофакторный дисперсионный анализ. Хорошо умеет проводить двухфакторный дисперсионный анализ.	25
Понимает суть модели линейной регрессии. Может сопоставить корреляционные и регрессионные связи. Знает сущность дисперсионного анализа. Хорошо проводит однофакторный дисперсионный анализ. Слабо умеет проводить двухфакторный дисперсионный анализ.	20
Понимает суть модели линейной регрессии. Может сопоставить корреляционные и регрессионные связи. Знает сущность дисперсионного анализа. Плохо проводит однофакторный дисперсионный анализ. Слабо умеет проводить двухфакторный дисперсионный анализ.	12
Не знает модель линейной регрессии. Не понимает различий корреляционной и регрессионной связи. Не понимает сущности дисперсионного анализа. Не умеет проводить однофакторный дисперсионный анализ. Не умеет проводить двухфакторный дисперсионный анализ.	5

## Модели динамики популяций

Продолжительность проведения мероприятия промежуточной аттестации: **2 часа**

Условия проведения мероприятия: **в часы самостоятельной работы**

Максимальный балл, выставляемый за мероприятие промежуточной аттестации: **25**

Проходной балл: **12**

<b>Показатели оценивания</b>	<b>Баллы</b>
Умеет строить систему двух линейных уравнений, и её решать. Знает типы особых точек. Понимает что такое фазовая плоскость и фазовый портрет. Умеет решать уравнение конкурентного взаимодействия видов. Умеет строить и решать модель системы хищник-жертва.	25
Умеет строить систему двух линейных уравнений, и её решать. Знает типы особых точек. Понимает что такое фазовая плоскость и фазовый портрет. Умеет решать уравнение конкурентного взаимодействия видов. Не умеет строить и решать модель системы хищник-жертва.	20
Умеет строить систему двух линейных уравнений, и её решать. Плохо понимает типы особых точек. Не понимает что такое фазовая плоскость и фазовый портрет. Умеет решать уравнение конкурентного взаимодействия видов. Не умеет строить и решать модель системы хищник-жертва.	12
Не умеет строить систему двух линейных уравнений, и её решать. Не знает типы особых точек. Не понимает что такое фазовая плоскость и фазовый портрет. Не умеет решать уравнение конкурентного взаимодействия видов. Не умеет строить и решать модель системы хищник-жертва.	5

### **Анализ и построение комплексных моделей**

Продолжительность проведения мероприятия промежуточной аттестации: **2 часа**

Условия проведения мероприятия: **в часы самостоятельной работы**

Максимальный балл, выставляемый за мероприятие промежуточной аттестации: **25**

Проходной балл: **12**

<b>Показатели оценивания</b>	<b>Баллы</b>
Умеет строить модели из трех и более уравнений. Умеет проводить анализ частных фазовых траекторий и параметров моделей. Может моделировать множественные межпопуляционные взаимодействия. Умеет решать задачи по моделированию биологических процессов.	25
Умеет строить модели из трех и более уравнений. Умеет проводить анализ частных фазовых траекторий и параметров моделей. Плохо может моделировать множественные межпопуляционные взаимодействия. В целом - умеет решать задачи по моделированию биологических процессов.	20
Умеет строить модели из трех и более уравнений. Плохо умеет проводить анализ частных фазовых траекторий и параметров моделей. Плохо может моделировать множественные межпопуляционные взаимодействия. Умеет решать задачи по моделированию биологических процессов.	12
Не умеет строить модели из трех и более уравнений. Не умеет проводить анализ частных	5



<p>фазовых траекторий и параметров моделей. Не может моделировать множественных межпопуляционных взаимодействия. Не умеет решать задачи по моделированию биологических процессов.</p>	
---	--