

МИНОБРНАУКИ РОССИИ  
ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ  
ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ  
«ВОРОНЕЖСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»  
(ФГБОУ ВО «ВГУ»)

**УТВЕРЖДАЮ**  
Заведующий кафедрой  
математического моделирования



М.Ш. Бурлуцкая

26.06.2022 г.

## **РАБОЧАЯ ПРОГРАММА УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ**

### **ФТД.02 Биоинформатика и математическое моделирование**

**1. Код и наименование специальности:**

10.05.04 Информационно-аналитические системы безопасности

**2. Специализация:**

Автоматизация информационно-аналитической деятельности

**3. Квалификация выпускника:** Специалист по защите информации

**4. Форма обучения:** Очная

**5. Кафедра, отвечающая за реализацию дисциплины:**

Кафедра математического моделирования

**6. Составитель программы:** Костин Дмитрий Владимирович, д.ф.-м.н.

**7. Рекомендована:** Научно-методическим советом математического факультета, протокол № 0500-03 от 24.03.2022

**8. Учебный год:** 2025/2026

**Семестр:** 8

## 9. Цели и задачи учебной дисциплины

*Целью освоения учебной дисциплины являются:*

- освоение современных подходов и методов, которые используются при создании моделей сложных биологических систем, рассматриваемых с позиции динамической теории информации.

*Задачи учебной дисциплины:*

- приобретение навыков моделирования сложных биологических систем и систем, являющихся результатом деятельности человека;

- освоение современных методов исследования эволюции систем с условной информацией в биосфере;

- знакомство и приобретение навыков работы с современными виртуальными ресурсами, программными средствами, пакетами прикладных программ, позволяющими проводить эффективные исследования в области эволюции динамических информационных систем.

## 10. Место учебной дисциплины в структуре ОПОП:

Дисциплина «Биоинформатика и математическое моделирование» относится к ФТД. Факультативные дисциплины.

## 11. Планируемые результаты обучения по дисциплине/модулю (знания, умения, навыки), соотнесенные с планируемыми результатами освоения образовательной программы (компетенциями) и индикаторами их достижения:

Код	Название компетенции	Код(ы)	Индикатор(ы)	Планируемые результаты обучения
ОПК-10	Способен разрабатывать и применять математические модели и методы анализа массивов данных и интерпретировать профессиональный смысл получаемых формальных результатов	ОПК-10.1	Демонстрирует знания математических моделей и методов анализа массивов данных	Знать: основные принципы, методы и ресурсы для решения задач исследования сложных нелинейных систем и их эволюции.
		ОПК-10.2	Разрабатывает формализованные модели, методы и алгоритмы решения типовых задач автоматизированной информационно-аналитической поддержки процессов принятия решений	Уметь: использовать современные математические методы, прикладные программные и виртуальные средства для разработки и создания математических моделей сложных систем природного характера.  Владеть: навыками исследования эволюционных процессов в природе и обществе.

## 12. Объем дисциплины в зачетных единицах/час. — 2/72.

Форма промежуточной аттестации: зачет.

## 13. Трудоемкость по видам учебной работы

Вид учебной работы	Трудоемкость	
	Всего	По семестрам

		8 семестр	
Контактная работа	32	32	
в том числе:	лекции	16	16
	практические	16	16
	лабораторные	0	0
	курсовая работа		
	контрольные работы		
Самостоятельная работа	40	40	
Промежуточная аттестация			
Итого:	<b>72</b>	<b>72</b>	

### 13.1. Содержание дисциплины

№ п/п	Наименование раздела дисциплины	Содержание раздела дисциплины	Реализация раздела дисциплины с помощью онлайн-курса, ЭУМК *
<b>1. Лекции</b>			
1.1	Информационные аспекты сложных нелинейных открытых систем в биосфере.	Основные понятия биоинформатики. Иерархия информационных уровней. Перемешивающий слой и его свойства. Условная и безусловная информация. Целеполагание и ценность информации. Эволюция ценности информации.	
1.2	Модели популяционной динамики	Непрерывные модели эволюции популяций. Модели онтогенеза, математическая модель коллективного поведения. Дискретные модели роста популяций. Дискретная логистическая модель. Лестница Ламерея. Колебательные процессы. Локальная модель брюсселятора.	
1.3	Модели взаимодействия систем с условной информацией.	Триггерные системы. Математические модели конкуренции систем с условной информацией. Проблема возникновения жизни и единого генетического кода в биосфере. Проблема возникновения мышления. Трансдисциплинарность моделей конкуренции систем с условной информацией.	
1.4	Фрактальная геометрия и информация	Фракталы в природе. Математические фракталы. Фрактальная размерность. Размерность по Безиковичу-Хаусдорфу.	
1.5	Элементы теории перколяции	Общие понятия. Описание процессов переноса в неупорядоченных системах. Решетки Бете и модель возникновения эпидемий.	
<b>2. Практические занятия</b>			
2.1	Модели популяционной динамики	Построение и анализ непрерывных и дискретных моделей развития популяций.	
2.2	Модели взаимодействия систем с условной информацией.	Построение и анализ фазовых портретов систем дифференциальных уравнений, моделирующих конкурентное взаимодействие систем с условной информацией.	
2.3	Фрактальная геометрия и информация	Вычисление фрактальной размерности математических фракталов.	

### 13.2. Темы (разделы) дисциплины и виды занятий

№ п/п	Наименование темы (раздела) дисциплины	Виды занятий (количество часов)				
		Лекции	Практические	Лабораторные	Самостоятельная работа	Всего
1	Информационные аспекты сложных нелинейных открытых систем в биосфере.	4	-		2	6
2	Модели популяционной динамики	2	6		10	18
3	Модели взаимодействия систем с условной информацией.	4	6		16	26
4	Фрактальная геометрия и информация	4	4		7	15
5	Элементы теории перколяции	2	-		5	7
	Итого:	16	16		40	72

### 14. Методические указания для обучающихся по освоению дисциплины:

Освоение дисциплины предполагает не только обязательное посещение обучающимся аудиторных занятий (лекций и практических занятий) и активную работу на них, но и самостоятельную учебную деятельность, на которую отводится 40 часов.

Самостоятельная учебная деятельность студентов по дисциплине «Биоинформатика и математическое моделирование» предполагает выполнение следующих заданий:

1) самостоятельное изучение учебных материалов по разделам дисциплины с использованием основной и дополнительной литературы, информационно-справочных и поисковых систем;

2) подготовку к текущим аттестациям: выполнение лабораторных заданий по поиску необходимых для работы в аудитории материалов в Интернете.

Особое внимание обучающихся направляется на освоение принципов построения моделей взаимодействия систем с условной информацией.

Все выполняемые студентами самостоятельно задания подлежат последующей проверке преподавателем для получения допуска к зачету.

В случае необходимости перехода на дистанционный режим обучения будет создан электронный курс «Биоинформатика и математическое моделирование» на портале «Электронный университет ВГУ»: [edu.vsu.ru](http://edu.vsu.ru). Там же будут размещены необходимые для усвоения курса материалы.

### 15. Перечень основной и дополнительной литературы, ресурсов интернет, необходимых для освоения дисциплины

а) основная литература:

№ п/п	Источник
1	Вержбицкий В.М. Численные методы (математический анализ и обыкновенные дифференциальные уравнения) / В.М. Вержбицкий. – Москва : Директ-Медиа, 2021. – 400с. // «Университетская библиотека online»: электронно-библиотечная система. – URL : <a href="http://biblioclub.ru">http://biblioclub.ru</a>
2	Буре В.М. Теория вероятностей и математическая статистика / В.М. Буре, Е.М. Париллина. – Москва : Лань, 2013. // Издательство «Лань» : Электронно-библиотечная система. – URL : <a href="http://e.lanbook.com">http://e.lanbook.com</a>

## б) дополнительная литература:

№ п/п	Источник
3	Чернавский Д.С. Проблема происхождения жизни и мышления с точки зрения современной физики / Д.С. Чернавский // Успехи физических наук, 2000. – Т. 170, №2. – С. 157-183.
4	Чернавский Д.С. Синергетика и информация : Динамическая теория информации / Д.С. Чернавский. – М. : едиториал УРСС, 2004. – 287 с.
5	Ризниченко Г.Ю. Лекции по математическим моделям в биологии / Г.Ю. Ризниченко. – М.-Ижевск : НИЦ «Регулярная и хаотическая динамика», 2011. – 560 с.
6	Тарасевич Ю.Ю. Математическое и компьютерное моделирование : учеб. пособие для студентов естественно-математических специальностей / Ю.Ю. Тарасевич. – М. : Эдиториал УРСС, 2001. – 144 с.
7	Виртуальная лаборатория «Математическая биология» – URL <a href="http://mathbio.ru/seminar/lab">http://mathbio.ru/seminar/lab</a>

## в) информационные электронно-образовательные ресурсы (официальные ресурсы интернет)\*:

№ п/п	Ресурс
8	Электронный каталог ЗНБ ВГУ : <a href="http://www.lib.vsu.ru">http://www.lib.vsu.ru</a> .
9	<a href="https://math.vsu.ru/wp/?page_id=937">https://math.vsu.ru/wp/?page_id=937</a> – раздел на сайте математического факультета, на котором размещены методические издания.
10	ЭБС «Университетская библиотека онлайн».
11	Электронный университет ВГУ : <a href="https://edu.vsu.ru/">https://edu.vsu.ru/</a> .

**16. Перечень учебно-методического обеспечения для самостоятельной работы:**

№ п/п	Источник
1	Виртуальная лаборатория «Математическая биология» – URL <a href="http://mathbio.ru/seminar/lab">http://mathbio.ru/seminar/lab</a>
2	Плюснина Т.Ю. Математические модели в биологии : учебное пособие / Т.Ю. Плюснина, П.В. Фурсова, Л.Д. Терлова, Г.Ю. Ризниченко. – Москва-Ижевск : НИЦ «Регулярная и хаотическая динамика», Институт компьютерных исследований, 2014. – 136 с. – URL <a href="http://mathbio.ru/seminar/lab">http://mathbio.ru/seminar/lab</a>
3	Электронный курс «Динамическая теория информации» – URL: <a href="https://edu.vsu.ru/course/view.php?id=11739">https://edu.vsu.ru/course/view.php?id=11739</a> (портал «Электронный университет ВГУ». – Moodle:URL: <a href="http://www.edu.vsu.ru/">http://www.edu.vsu.ru/</a> ).

**17. Образовательные технологии, используемые при реализации учебной дисциплины, включая дистанционные образовательные технологии (ДОТ, электронное обучение (ЭО), смешанное обучение):**

Дисциплина может реализовываться с применением дистанционных образовательных технологий, например, на платформе «Электронный университет ВГУ» (<https://edu.vsu.ru>).

Перечень необходимого программного обеспечения: Win10pro или Linux, Microsoft Office, LibreOffice 6, Calc, Microsoft Visual Studio, Microsoft Visual C++, Foxit Reader, браузер Mozilla Firefox, Opera или Internet.

**18. Материально-техническое обеспечение дисциплины:**

Учебная аудитория для проведения занятий лекционного и семинарского типа, текущего контроля и промежуточной аттестации со специализированной мебелью.

Для самостоятельной работы используется класс с компьютерной техникой, оснащенный необходимым программным обеспечением, электронными учебными пособиями и законодательно-правовой и нормативной поисковой системой, имеющий выход в глобальную сеть.

**19. Оценочные средства для проведения текущей и промежуточной аттестаций**

Порядок оценки освоения обучающимися учебного материала определяется содержанием следующих разделов дисциплины:

№ п/п	Наименование раздела дисциплины (модуля)	Компетенция(и)	Индикатор(ы) достижения компетенции	Оценочные средства
1. ___	Информационные аспекты сложных нелинейных открытых систем в биосфере	ОПК-10	ОПК-10.1,	Комплект практических заданий №1
2. ___	Модели популяционной динамики	ОПК-10	ОПК-10.1,	Комплект практических заданий № 1
3. ___	Модели взаимодействия систем с условной информацией	ОПК-10	ОПК-10.2	Комплект практических заданий № 2
4. ___	Фрактальная геометрия и информация	ОПК-10	ОПК-10.2	Комплект практических заданий № 2
5. ___	Элементы теории перколяции	ОПК-10	ОПК-10.1,	Комплект практических заданий № 1
Промежуточная аттестация Форма контроля – зачет				Перечень вопросов к зачету

## 20. Типовые оценочные средства и методические материалы, определяющие процедуры оценивания

### 20.1. Текущий контроль успеваемости

Контроль успеваемости по дисциплине осуществляется с помощью следующих оценочных средств: устных опросов, проверки домашних заданий, практических заданий.

Для оценивания текущего контроля успеваемости используются следующие **показатели**:

1. знание основных понятий и методов;
2. умение применять полученные знания и навыки для решения задач природного характера, проводить анализ полученных результатов;
3. владение математическим аппаратом и современными методами в теории дифференциальных уравнений;
4. знание имеющихся ресурсов для решения прикладных математических задач;
5. умение использовать стандартные пакеты программного обеспечения для решения типовых математических задач;

#### **Шкала оценок:**

**Зачтено:** Выполнение заданий соответствует перечисленным показателям, обучающийся дает ответы на дополнительные вопросы, возможно, не совсем полные. Демонстрирует умение решать задачи, возможно с некоторыми ошибками.

**Не зачтено:** Ответы не соответствуют ни одному из перечисленных показателей. Обучающийся демонстрирует фрагментарные знания и умения или их отсутствие.

Для оценивания результатов каждого практического задания используется шкала: «зачтено», «не зачтено».

#### **Комплект практических заданий №1**

1. При заданных параметрах для непрерывной логистической модели Ферхюльста определить стационарные точки, поведение решений на бесконечности, наличие точек перегиба и устойчивости решений по Ляпунову.
2. При заданном графике функции найти графически стационарное (равновесное с) состояние системы, используя диаграмму и лестницу Ламерея.
3. Для матричной модели популяций (матрицы Лесли) найти векторы, характеризующие состояние популяции в заданные моменты времени.

4. Вычислить фрактальную размерность салфетки Серпинского.
5. Вычислить фрактальную размерность ковра Серпинского.

### **Комплект практических заданий №2**

1. Используя виртуальную лабораторию, подобрать параметры модели конкуренции систем таким образом, чтобы фазовый портрет (фазовое пространство) имел заданную конфигурацию.
2. Нарисовать фазовый портрет модели конкуренции видов при заданных параметрах системы уравнений. Отметить стационарные состояния и тип устойчивости. Построить сепаратрисы седла.
3. В модели конкуренции видов при заданных параметрах построить кинетические кривые. Меняя начальную численность одного из видов, определить, при какой численности происходит переключение в другое стационарное состояние.
4. В заданной триггерной системе изменить параметры так, чтобы в фазовом портрете системы осталась только одна особая точка, в которую эта система переходит.
5. Для генетического триггера Жакоба и Моно построить фазовый и динамический портрет. Найти стационарные точки и определить их типы. Пользуясь виртуальной лабораторией, проанализировать изменения положений стационарных точек при изменении заданных параметров в определенном диапазоне.

## **20.2. Промежуточная аттестация**

Промежуточная аттестация по дисциплине осуществляется в форме собеседования с помощью нижеприведенных оценочных средств (перечень вопросов к зачету) и с учетом качества выполнения текущих заданий (Комплекты практических заданий №1,2).

### **Перечень вопросов к зачету:**

1. Особенности математического моделирования биосистем.
2. Основные понятия биоинформатики. Иерархия информационных уровней.
3. Условная и безусловная информация. Целеполагание и ценность информации.
4. Эволюция ценности информации.
5. Проблема возникновения биологической асимметрии.
6. Естественные языки как условная информация.
7. Непрерывная логистическая модель популяции.
8. Дискретная логистическая модель. Лестница Ламерея.
9. Конкуренция условных информаций в биосфере, социуме и экономике. Примеры.
10. Триггерные системы.
11. Трансдисциплинарность модели конкуренции видов.
12. Проблема единого генетического кода в биосфере.
13. Понятие фрактала. Фракталы в природе.
14. Математические фракталы.
15. Фрактальная размерность. Размерность самоподобия.
16. Фракталы и сжатие информации.
17. Основные понятия теории перколяции.
18. Бесконечные кластеры в теории перколяции.
19. Решетки Бете.
20. Перколяционная модель возникновения эпидемий.

Для оценивания результатов обучения на зачете используются следующие **показатели**:

- 1) знание теоретических основ;
- 2) умение решать задачи;
- 3) умение работать с алгоритмами методов и информационными ресурсами;
- 4) успешное прохождение текущей аттестации.

Для оценивания результатов используется шкала: «зачтено», «не зачтено».

Соотношение показателей, критериев и шкалы оценивания результатов обучения показаны в следующей таблице:

Критерии оценивания	Шкала оценок
Ответ соответствует перечисленным показателям, обучающийся дает ответы на дополнительные вопросы, возможно, не совсем полные. Демонстрирует умение решать задачи, возможно с некоторыми ошибками.	«Зачтено»
Ответ не соответствует ни одному из перечисленных показателей. Обучающийся демонстрирует фрагментарные знания и умения или их отсутствие.	«Не зачтено»