

# Математическое моделирование биосистем

## ОПОП Прикладная цифровая экономика (21222)

### Компетенции

Информация по дисциплине (с компетенциями)  
 Учебный год: 2023/2024

Дисциплина: Математическое моделирование биосистем 41413 (ОФО, Кафедра ММ)																			
ОПОП		Год набора	Цикл	Се- мestr /курс	Трудоем- кость	Объем контактной работы, час.					Объем СРС, час.	Форма ПА	Из таблицы соответствия компетенций * держатель Коновалова Н.А.	Из новой КМВ * держатель Батурина О.А.					
Наименование						Аудиторная			Внеаудит					Всего	Компетенции	Индикаторы			
						З.Е.	Лек.	ПЗ	Лаб	ПА							КСР		
04	Прикладная математика. Цифровая экономика (21222)					2022	Б1.Б	4	3	18	18	0	1	0	71	3	ОПК-2	ОПК-2 : Способен обоснованно выбирать, дорабатывать и применять для решения исследовательских и проектных задач математические методы и модели, осуществлять проверку адекватности моделей, анализировать результаты, оценивать надежность и качество функционирования систем .	ОПК-2.2к : Применяет математические методы и модели для решения исследовательских и проектных задач, осуществляет верификацию и валидацию моделей.

Название ОПОП ВО, сокращенное	Код и формулировка компетенции	Код и формулировка индикатора достижения компетенции
01.03.04 Прикладная математика (Б-ПМ )	ОПК-2 : Способен обосновано выбирать, дорабатывать и применять решения исследовательских и проектных задач математические методы и моделей, анализировать результаты, оценивать надежность и качество функционирования систем	ОПК-2.2к : Применяет математические методы и модели для решения исследовательских и проектных задач, осуществляет верификацию и валидацию моделей

### Вопросы тестов

#### 1. Отметить верные утверждения

+1)Модель – это материальный или воображаемый объект, который в процессе познания замещает реальный объект, сохраняя при этом его существенные свойства

+2) Моделирование – это процесс исследования реального объекта с помощью модели

+3) Исходный объект называется при этом прототипом или оригиналом

+4) Объектами моделирования биосистем являются биологические процессы разного уровня организации

+5) Методами моделирования биосистем служат методы динамической теории систем. Средствами – дифференциальные и разностные уравнения, методы качественной теории дифференциальных уравнений, компьютерная симуляция

## 2. Отметить цели моделирования биосистем

+1) Выяснение механизмов взаимодействия элементов системы

+2) Идентификация и верификация параметров модели по экспериментальным данным

+3) Оценка устойчивости системы (модели)

+4) Прогноз поведения системы при различных внешних воздействиях, различных способах управления

+5) Оптимальное управление системой в соответствии с выбранным критерием оптимальности

## 3. Выбрать область математической биологии, которая служила математическим полигоном, на котором "отрабатывались" математические модели в разных областях биологии

+1) Модели популяционной динамики

2) Эволюция природы

3) Фотосинтез

4) Синтез белка

## 4. Условно все математические модели биологических систем можно разделить на регрессионные, качественные и имитационные

+1) верно

2) неверно

## 5. Регрессионные зависимости – это формулы, описывающие связь различных характеристик системы, не претендуя на физический или биологический смысл этих зависимостей

+1) верно

2) неверно

6. Для построения регрессионной модели НЕдостаточно статистически достоверных наблюдаемых корреляций между переменными или параметрами системы

1) верно

+2) неверно

7. Приведенная ниже формула

$$F = \sum_M w_i [x_e^i - x_i^i(a_1, a_2, \dots, a_n)]^2$$

используется в модели

+1) регрессии для определения параметров, подлежащих оценке

2) имитационной для моделирования более быстрых или более медленных процессов

3) в системе дифференциальных уравнений для определения констант интегрирования

4) нет правильного ответа

8. Отметить особенности, которые влияют на точность моделирования

+1) упрощение модели

+2) ошибки при построении модели

+3) использование элементов с низкой точностью, с линейной аппроксимацией

+4) наличие в модели вырожденных конечных элементов

+5) некорректные начальные и граничные условия

9. Верификация модели (model verification) – проверка ее истинности, адекватности

+1) верно

2) неверно

10. Валидация модели (model validation) – проверка соответствия данных, получаемых в процессе машинной имитации, реальному ходу явлений, для описания которых создана модель.

+1) верно

2) неверно

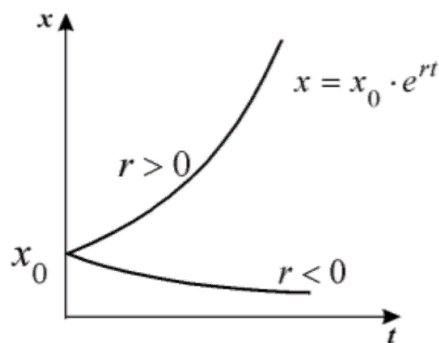
11. Процедура сопоставления того, что сделано (или еще пока делается), с тем, что было задумано (предписано) сделать, т.е. сопоставление законченного или промежуточного результата с входными требованиями – "взгляд назад" - это

+1) верификация

2) валидация

3) вычислительный эксперимент

12. Какая кривая на рисунке соответствует вымирающей популяции

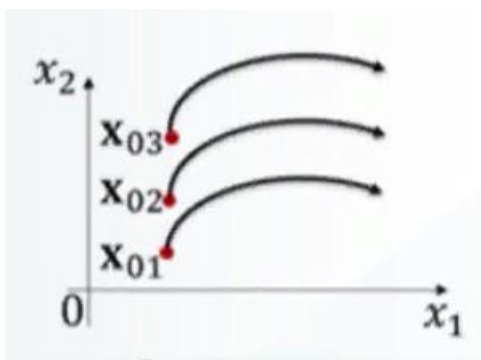


1)  $r > 0$

+2)  $r > 0$

3)  $r = 0$

13. На рисунке изображено



a. интегральные кривые

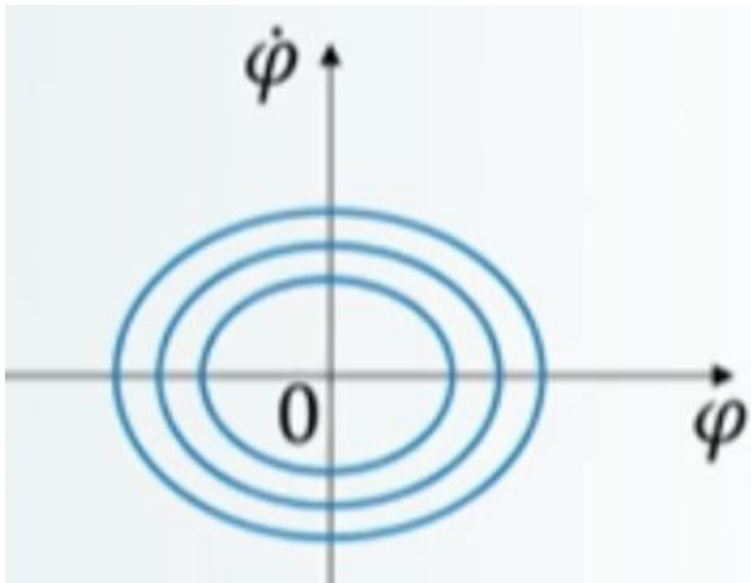
b. фазовая траектория

+c. фазовый портрет

d. зависимость координаты от времени

е. нет правильного ответа

14. Три круга в фазовом пространстве математического маятника на рисунке означают



Выберите один или несколько ответов:

+a. фазовый портрет

b. маятник ускорил движение 3 раза

с. нет правильного ответа

d. три степени свободы

+e. фазовые траектории с разными начальными условиями

15. Число степеней свободы двухатомной молекулы равно

(5)

16. Континуальная автономная динамическая система первого порядка на прямой – это система вида

+1)  $x'_t = f(x_t)$

2)  $x'_t = f(x_t, y_t)$

3)  $x'_t = f(x_t, t)$

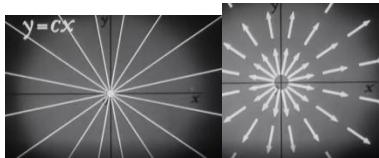
17. Стационарные точки динамической системы  $x'_t = f(x_t)$  являются корнями уравнения

+1)  $f(x_t) = 0$

$$2) f(x_t) = C, C \neq 0$$

$$3) \partial f / (\partial x_t) = 0$$

18. На рисунке



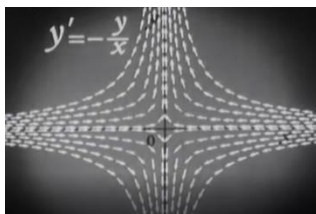
изображены изоклины типа

+1) узел

2) центр

3) фокус

19. На рисунке



изображены изоклины типа

1) узел

+2) седло

3) фокус

20. На рисунке



изображены изоклины типа

1) узел

+2) центр

3) фокус

21 На рисунке



изображены изоклины типа

- 1)узел
- 2)центр
- +3)фокус

22. Динамическая система  $x'_t = x_t^2 - 3x_t + 2$  имеет 2 стационарные точки

- 1)  $x^*_1 = 1$  – репеллер,  $x^*_2 = 2$  – аттрактор
- +2)  $x^*_1 = 1$  – аттрактор,  $x^*_2 = 2$  – репеллер
- 3)  $x^*_1 = 0$  – аттрактор,  $x^*_2 = 1$  – репеллер

23.Реализация некоторой модели производства продукции характеризуется следующими свойствами

- а)ограниченное потребление ресурсов приводит к ограниченному производству продукции;
- б)ограниченное производство продукции не приводит к истощению ресурсов.

О какой модели идет речь?

- 1)Модель Мальтуса
- 2)Модель Ляпунова
- +3)Модель Ферхюльста

24. .Реализация некоторой модели производства продукции характеризуется следующими свойствами

- а)неограниченное потребление ресурсов приводит к неограниченному производству продукции;
- б)неограниченное производство продукции приводит к истощению ресурсов.

О какой модели идет речь?

- +1)Модель Мальтуса
- 2)Модель Ляпунова

### 3) Модель Ферхюльста

25. Пусть  $x_t = \varphi(t, x_0)$ ,  $y_t = \omega(t, y_0)$  — траектории (интегральные кривые) некоторой динамической системы

$$\begin{cases} \dot{x}_t = f(x_t, y_t) \\ \dot{y}_t = g(x_t, y_t) \end{cases}$$

Могут ли кривые пересекаться?

1) могут только траектории  $x_t = \varphi(t, x_0)$

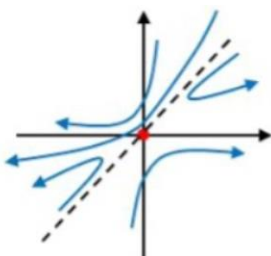
2) могут только траектории  $y_t = \omega(t, y_0)$

+3) траектории никогда не пересекаются

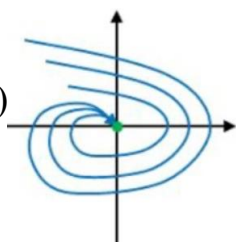
26. Фазовый портрет соответствующей нулевой стационарной точки с типом «седло» изображен

Выберите один ответ

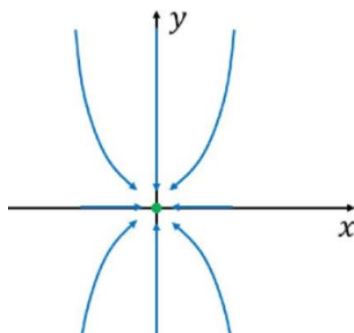
+1)



2)



27. На рисунке



изображен портрет динамической системы



$$\begin{cases} \dot{x} = \alpha x - x^3 \\ \dot{y} = -y \end{cases}$$

при

1)  $\alpha = 0$

2)  $\alpha > 0$

3)  $0 > \alpha$

28. При вилкообразной бифуркации и при значении параметра  $\alpha > 0$  нулевая стационарная точка является

1) центром

2) устойчивым узлом

3) седлом

29. При каких значениях система имеет ненулевые стационарные точки?

$$\begin{cases} \dot{x} = \alpha - x^2 \\ \dot{y} = -y \end{cases}$$

1)  $\alpha = 0$

2)  $\alpha > 0$

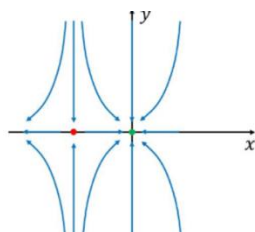
3)  $0 < \alpha$

30. На рисунке

изображен

фазовый портрет

динамической системы



$$\begin{cases} \dot{x} = \alpha x - x^2 \\ \dot{y} = -y \end{cases}$$

при

1)  $\alpha = 0$

2)  $\alpha > 0$

3)  $0 > \alpha$

31. Динамическая система Лоренца

$$\begin{cases} \dot{x}_t = \sigma(y_t - x_t) \\ \dot{y}_t = rx_t - y_t - x_t z_t \\ \dot{z}_t = -bz_t + x_t y_t \end{cases}$$

является

Выберите один ответ:

- +1) диссипативной
- 2) случайной
- 3) консервативной

МИНОБРНАУКИ РОССИИ  
ВЛАДИВОСТОКСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ  
КАФЕДРА МАТЕМАТИКИ И МОДЕЛИРОВАНИЯ

Рабочая программа дисциплины (модуля)  
**МАТЕМАТИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ БИОСИСТЕМ**

Направление и направленность (профиль)  
01.03.04 Прикладная математика. Цифровая экономика

Год набора на ОПОП  
2023

Форма обучения  
очная

Владивосток 2025

Рабочая программа дисциплины (модуля) «Математическое моделирование биосистем» составлена в соответствии с требованиями ФГОС ВО по направлению подготовки 01.03.04 Прикладная математика (утв. приказом Минобрнауки России от 10.01.2018г. №11) и Порядком организации и осуществления образовательной деятельности по образовательным программам высшего образования – программам бакалавриата, программам специалитета, программам магистратуры (утв. приказом Минобрнауки России от 06.04.2021 г. N245).

Составитель(и):

*Клочкова О.И., кандидат физико-математических наук, доцент, Кафедра математики и моделирования, Klochkova.O@vvsu.ru*

Утверждена на заседании кафедры математики и моделирования от 15.05.2025 ,  
протокол № 9

СОГЛАСОВАНО:

Заведующий кафедрой (разработчика)

Галимзянова К.Н.

ДОКУМЕНТ ПОДПИСАН ЭЛЕКТРОННОЙ ПОДПИСЬЮ	
Сертификат	1599657997
Номер транзакции	0000000000DF346C
Владелец	Галимзянова К.Н.

## 1 Цель, планируемые результаты обучения по дисциплине (модулю)

Целью изучения дисциплины «Математическое моделирование биосистем» является освоение принципов динамического математического моделирования биологических процессов.

Задачи дисциплины сводятся к изучению математических методов, используемых при моделировании биологических процессов, ознакомление с наиболее важными типами моделей динамики биосистем, моделями теории эволюции и глобальной динамики.

Планируемыми результатами обучения по дисциплине (модулю), являются знания, умения, навыки. Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине (модулю), соотнесенных с планируемыми результатами освоения образовательной программы, представлен в таблице 1.

Таблица 1 – Компетенции, формируемые в результате изучения дисциплины (модуля)

Название ОПОП ВО, сокращенное	Код и формулировка компетенции	Код и формулировка индикатора достижения компетенции	Результаты обучения по дисциплине		
			Код результ тата	Формулировка результата	
01.03.04 «Прикладная математика» (Б-ПМ)	ОПК-2 : Способен обоснованно выбирать, дорабатывать и применять для решения исследовательских и проектных задач математические методы и модели, осуществлять проверку адекватности моделей, анализировать результаты, оценивать надежность и качество функционирования систем	ОПК-2.2к : Применяет математические методы и модели для решения исследовательских и проектных задач, осуществляет верификацию и валидацию моделей	РД1	Знание	основных типов математических моделей, описывающие биологические процессы
			РД2	Умение	обоснованно выбирать, дорабатывать и применять математические методы и модели при исследовании биосистем
			РД3	Навык	построения и анализа моделей биосистем

В процессе освоения дисциплины решаются задачи воспитания гармонично развитой, патриотичной и социально ответственной личности на основе традиционных российских духовно-нравственных и культурно-исторических ценностей, представленные в таблице 1.2.

Таблица 1.2 – Целевые ориентиры воспитания

Воспитательные задачи	Формирование ценностей	Целевые ориентиры
<b>Формирование гражданской позиции и патриотизма</b>		
Формирование чувства гордости за достижения России	Жизнь	Внимательность к деталям
<b>Формирование духовно-нравственных ценностей</b>		

Воспитание экологической культуры и ценностного отношения к окружающей среде	Коллективизм	Системное мышление
<b>Формирование научного мировоззрения и культуры мышления</b>		
Формирование осознания ценности научного мировоззрения и критического мышления	Созидательный труд	Гибкость мышления
<b>Формирование коммуникативных навыков и культуры общения</b>		
Формирование навыков публичного выступления и презентации своих идей	Созидательный труд	Стремление к познанию и саморазвитию

## 2 Место дисциплины (модуля) в структуре ОПОП

Дисциплина "Математическое моделирование биосистем" относится к базовой части Блока 1 дисциплин учебного плана направления Прикладная математика.

## 3. Объем дисциплины (модуля)

Объем дисциплины (модуля) в зачетных единицах с указанием количества академических часов, выделенных на контактную работу с обучающимися (по видам учебных занятий) и на самостоятельную работу, приведен в таблице 2.

Таблица 2 – Общая трудоемкость дисциплины

Название ОПОП ВО	Форма обуче- ния	Часть УП	Семестр (ОФО) или курс (ЗФО, ОЗФО)	Трудо- емкость	Объем контактной работы (час)						СРС	Форма аттес- тации
				(З.Е.)	Всего	Аудиторная			Внеауди- торная			
						лек.	прак.	лаб.	ПА	КСР		
01.03.04 Прикладная математика	ОФО	Б1.Б	4	3	37	18	18	0	1	0	71	3

## 4 Структура и содержание дисциплины (модуля)

### 4.1 Структура дисциплины (модуля) для ОФО

Тематический план, отражающий содержание дисциплины (перечень разделов и тем), структурированное по видам учебных занятий с указанием их объемов в соответствии с учебным планом, приведен в таблице 3.1

Таблица 3.1 – Разделы дисциплины (модуля), виды учебной деятельности и формы текущего контроля для ОФО

№	Название темы	Код ре-зультата обучения	Кол-во часов, отведенное на				Форма текущего контроля
			Лек	Прак	Лаб	СРС	
1	Моделирование биологических систем	РД1	1	0	0	3	собеседование

2	Непрерывные по времени модели динамики численности локальной популяции	РД2	2	2	0	8	собеседование, практическая работа № 1
3	Модели, описываемые системами двух линейных дифференциальных уравнений	РД2, РД3	2	2	0	8	собеседование, практическая работа № 2
4	Модели, описываемые системами двух нелинейных автономных дифференциальных уравнений	РД2, РД3	3	2	0	8	собеседование
5	Модели взаимодействия двух видов	РД1, РД2, РД3	2	2	0	8	собеседование, практическая работа № 3
6	Колебания в биологических системах	РД2, РД3	2	4	0	8	собеседование
7	Дискретные по времени модели динамики численности популяции	РД1, РД2, РД3	2	4	0	8	собеседование, практическая работа № 4
8	Дискретные модели с учетом управляющего воздействия	РД1, РД2, РД3	2	2	0	10	собеседование, практическая работа № 4
9	Глобальные модели	РД1	2	0	0	10	собеседование
<b>Итого по таблице</b>			<b>18</b>	<b>18</b>	<b>0</b>	<b>71</b>	

#### 4.2 Содержание разделов и тем дисциплины (модуля) для ОФО

##### *Тема 1 Моделирование биологических систем.*

Содержание темы: Понятие модели. Объекты, цели и методы моделирования. Специфика математического моделирования живых систем. Современная классификация моделей. Регрессионные, имитационные, качественные модели.

Формы и методы проведения занятий по теме, применяемые образовательные технологии: стандартная.

Виды самостоятельной подготовки студентов по теме: подготовка к теоретическому опросу, подготовка к итоговому тесту.

##### *Тема 2 Непрерывные по времени модели динамики численности локальной популяции.*

Содержание темы: Модели Мальтуса, Ферхюльста-Пирла-Рида. Принцип Олли, модель Базыкина. Модели Пелла -Томлинсона и Фокса.

Формы и методы проведения занятий по теме, применяемые образовательные технологии: стандартная.

Виды самостоятельной подготовки студентов по теме: подготовка к теоретическому опросу, подготовка к практической работе, подготовка к итоговому тесту.

##### *Тема 3 Модели, описываемые системами двух линейных дифференциальных уравнений.*

Содержание темы: Линейные двумерные модели. Фазовая плоскость. Фазовый портрет. Типы положения равновесия: узел, седло, фокус, центр.

Формы и методы проведения занятий по теме, применяемые образовательные технологии: стандартная.

Виды самостоятельной подготовки студентов по теме: подготовка к теоретическому опросу, подготовка к практической работе, подготовка к итоговому тесту.

*Тема 4 Модели, описываемые системами двух нелинейных автономных дифференциальных уравнений.*

Содержание темы: Нелинейные двумерные модели. Метод Ляпунова линеаризации систем в окрестности стационарного состояния. Примеры исследования устойчивости стационарных состояний моделей биологических систем. Метод функции Ляпунова.

Формы и методы проведения занятий по теме, применяемые образовательные технологии: стандартная.

Виды самостоятельной подготовки студентов по теме: подготовка к теоретическому опросу, подготовка к итоговому тесту.

*Тема 5 Модели взаимодействия двух видов.*

Содержание темы: Классификация типов взаимодействия. Модели конкуренции, хищник-жертва. Обобщенные модели взаимодействия видов Модель Колмогорова. Модель Базыкина.

Формы и методы проведения занятий по теме, применяемые образовательные технологии: стандартная.

Виды самостоятельной подготовки студентов по теме: подготовка к теоретическому опросу, подготовка к практической работе, подготовка к итоговому тесту.

*Тема 6 Колебания в биологических системах.*

Содержание темы: Понятие предельного цикла и автоколебаний. Бифуркация Андронова – Хопфа. Брюсселятор. Ритмическая активность головного мозга.

Формы и методы проведения занятий по теме, применяемые образовательные технологии: стандартная.

Виды самостоятельной подготовки студентов по теме: подготовка к теоретическому опросу, подготовка к итоговому тесту.

*Тема 7 Дискретные по времени модели динамики численности популяции.*

Содержание темы: Общая схема исследования дискретных динамических моделей численности популяции. Теорема Шарковского. Основные модели: модель Мальтуса, Мэя, Риккера.

Формы и методы проведения занятий по теме, применяемые образовательные технологии: стандартная.

Виды самостоятельной подготовки студентов по теме: подготовка к теоретическому опросу, подготовка к практической работе, подготовка к итоговому тесту.

*Тема 8 Дискретные модели с учетом управляющего воздействия.*

Содержание темы: Изучение моделей с учетом управления. Постановка задачи оптимального управления. Концепция уравновешенного дохода и проблема устойчивости.

Формы и методы проведения занятий по теме, применяемые образовательные технологии: стандартная.

Виды самостоятельной подготовки студентов по теме: подготовка к теоретическому опросу, подготовка к практической работе, подготовка к итоговому тесту.

*Тема 9 Глобальные модели.*

Содержание темы: Структура и уравнения глобальной модели Форрестера. Исследование влияния управления на модель Форрестера. Модификации модели Форрестера.

Формы и методы проведения занятий по теме, применяемые образовательные технологии: стандартная.

Виды самостоятельной подготовки студентов по теме: подготовка к теоретическому опросу, подготовка к итоговому тесту.



## **5 Методические указания для обучающихся по изучению и реализации дисциплины (модуля)**

### **5.1 Методические рекомендации обучающимся по изучению дисциплины и по обеспечению самостоятельной работы**

Для выполнения практических работ необходимо использовать программные средства (Mathcad, Maple, RStudio и т.п.). Изучить методическую документацию по использованию указанных систем.

При выполнении практических работ и домашних заданий необходимо использовать теоретический материал, делая ссылки на соответствующие источники информации, методологии, методики и пр.

### **5.2 Особенности организации обучения для лиц с ограниченными возможностями здоровья и инвалидов**

При необходимости обучающимся из числа лиц с ограниченными возможностями здоровья и инвалидов (по заявлению обучающегося) предоставляется учебная информация в доступных формах с учетом их индивидуальных психофизических особенностей:

- для лиц с нарушениями зрения: в печатной форме увеличенным шрифтом; в форме электронного документа; индивидуальные консультации с привлечением тифлосурдопереводчика; индивидуальные задания, консультации и др.
- для лиц с нарушениями слуха: в печатной форме; в форме электронного документа; индивидуальные консультации с привлечением сурдопереводчика; индивидуальные задания, консультации и др.
- для лиц с нарушениями опорно-двигательного аппарата: в печатной форме; в форме электронного документа; индивидуальные задания, консультации и др.

## **6 Фонд оценочных средств для проведения текущего контроля и промежуточной аттестации обучающихся по дисциплине (модулю)**

В соответствии с требованиями ФГОС ВО для аттестации обучающихся на соответствие их персональных достижений планируемым результатам обучения по дисциплине (модулю) созданы фонды оценочных средств. Типовые контрольные задания, методические материалы, определяющие процедуры оценивания знаний, умений и навыков, а также критерии и показатели, необходимые для оценки знаний, умений, навыков и характеризующие этапы формирования компетенций в процессе освоения образовательной программы, представлены в Приложении 1.

## **7 Учебно-методическое и информационное обеспечение дисциплины (модуля)**

### **7.1 Основная литература**

1. Лобанов, А. И. Математическое моделирование нелинейных процессов : учебник для вузов / А. И. Лобанов, И. Б. Петров. — Москва : Издательство Юрайт, 2025. — 233 с. — (Высшее образование). — ISBN 978-5-534-19854-6. — Текст : электронный // Образовательная платформа Юрайт [сайт]. — URL: <https://urait.ru/bcode/561935> (дата обращения: 18.06.2025).

2. Математические методы в биологии: анализ биологических данных в системе Statistica : учебник для вузов / С. Н. Гашев, Ф. Х. Бетляева, М. Ю. Иванова, К. Р. Цицкиева. — 2-е изд., перераб. и доп. — Москва : Издательство Юрайт, 2025. — 170 с. — (Высшее образование). — ISBN 978-5-534-19263-6. — Текст : электронный // Образовательная платформа Юрайт [сайт]. — URL: <https://urait.ru/bcode/563012> (дата обращения: 18.06.2025).

3. Ризниченко, Г. Ю. Математические методы в биологии и экологии. Биофизическая динамика продукционных процессов : учебник для вузов / Г. Ю. Ризниченко, А. Б. Рубин. — 3-е изд., перераб. и доп. — Москва : Издательство Юрайт, 2025. — 409 с. — (Высшее образование). — ISBN 978-5-534-19922-2. — Текст : электронный // Образовательная платформа Юрайт [сайт]. — URL: <https://urait.ru/bcode/557337> (дата обращения: 18.06.2025).

## **7.2 Дополнительная литература**

1. Вагин Д. В. Численное моделирование динамических систем, описываемых обыкновенными дифференциальными уравнениями : Учебники [Электронный ресурс] - Новосибирск : Новосибирский государственный технический университет , 2019 - 63 - Режим доступа: [http://biblioclub.ru/index.php?page=book\\_red&id=573956](http://biblioclub.ru/index.php?page=book_red&id=573956)

2. Каракулина, Е.О. ОБЫКНОВЕННЫЕ ДИФФЕРЕНЦИАЛЬНЫЕ УРАВНЕНИЯ. СИСТЕМЫ ДИФФЕРЕНЦИАЛЬНЫХ УРАВНЕНИЙ : Допущено УМС ОГПУ в качестве учебно-методического пособия (электронное издание) для обучающихся по направлениям подготовки 44.03.05 Педагогическое образование (с двумя профилями подготовки) профилям Математика и Информатика, Математика и Физика; 02.03.03 Математическое обеспечение и администрирование информационных систем, профилю Общий по дисциплинам «Математический анализ», «Дифференциальные уравнения» . / И. А. Акимов; Е.О. Каракулина . — : [Б.и.], 2019 . — 139 с. : ил. — URL: <https://lib.rucont.ru/efd/688284> (дата обращения: 19.01.2025)

3. Кердяшов, Н.Н. Математические методы в биологии / Н.Н. Кердяшов . — Пенза : ПГАУ, 2017 . — 192 с. — URL: <https://lib.rucont.ru/efd/579006> (дата обращения: 19.01.2025)

4. Ключкова О.И., Шабанов Г.А. Сеансовая динамика изменений биоэлектрической активности мозга при интеллектуальной работе за компьютером // Национальный психологический журнал. 2020. № 1 (37). С. 78–93

5. Ризниченко Г. Ю. МАТЕМАТИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ БИОЛОГИЧЕСКИХ ПРОЦЕССОВ. МОДЕЛИ В БИОФИЗИКЕ И ЭКОЛОГИИ 2-е изд., пер. и доп. Учебное пособие для вузов [Электронный ресурс] , 2020 - 181 - Режим доступа: <https://urait.ru/book/matematiceskoe-modelirovanie-biologicheskikh-processov-modeli-v-biofizike-i-ekologii-451558>

6. Ризниченко Г. Ю., Рубин А. Б. МАТЕМАТИЧЕСКИЕ МЕТОДЫ В БИОЛОГИИ И ЭКОЛОГИИ. БИОФИЗИЧЕСКАЯ ДИНАМИКА ПРОДУКЦИОННЫХ ПРОЦЕССОВ В 2 Ч. ЧАСТЬ 2 3-е изд., пер. и доп. Учебник для вузов [Электронный ресурс] , 2020 - 185 - Режим доступа: <https://urait.ru/book/matematicheskie-metody-v-biologii-i-ekologii-biofizicheskaya-dinamika-produkcionnyh-processov-v-2-ch-chast-2-452308>

7. Система электронного обучения ВГУЭС (<http://edu.vvsu.ru>)

8. Шабанов Г.А., Рыбченко А.А. и др, Новые подходы к функционально-топической диагностике заболеваний внутренних органов человека на основе анализа ритмической активности головного мозга. Тихоокеанский медицинский журнал. 2012;(4):99-100.

## **7.3 Ресурсы информационно-телекоммуникационной сети "Интернет", включая профессиональные базы данных и информационно-справочные системы (при необходимости):**

1. Курс математические модели в биологии Г.Ю. Ризниченко (<http://mathbio.ru/>)

2. Образовательная платформа "ЮРАЙТ"
3. Официальный сайт RStudio - Режим доступа: <https://rstudio.com/>
4. СПС КонсультантПлюс - Режим доступа: <http://www.consultant.ru/>
5. Электронная библиотечная система «Университетская библиотека онлайн» - Режим доступа: <http://biblioclub.ru/>
6. Электронно-библиотечная система "РУКОНТ"
7. Электронно-библиотечная система издательства "Юрайт" - Режим доступа: <https://urait.ru/>
8. Open Academic Journals Index (ОАИ). Профессиональная база данных - Режим доступа: <http://oaji.net/>
9. Президентская библиотека им. Б.Н.Ельцина (база данных различных профессиональных областей) - Режим доступа: <https://www.prilib.ru/>

**8 Материально-техническое обеспечение дисциплины (модуля) и перечень информационных технологий, используемых при осуществлении образовательного процесса по дисциплине (модулю), включая перечень программного обеспечения**

Основное оборудование:

- Мультимедийный комплект №2 в составе:проектор Casio XJ-M146,экран 180\*180,крепление потолочное
- Облачный монитор 23" LG CAV42K
- Облачный монитор LG Electronics черный +клавиатура+мышь
- Усилитель-распределитель Kramer VP-200N 1:2

Программное обеспечение:

- □ Mathcad
- □ Python
- □ RStudio