

МИНИСТЕРСТВО ЗДРАВООХРАНЕНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ  
федеральное государственное бюджетное учреждение  
«Национальный медицинский исследовательский центр имени В.А. Алмазова»  
Министерства здравоохранения Российской Федерации  
(ФГБУ «НМИЦ им. В.А. Алмазова» Минздрава России)

ИНСТИТУТ МЕДИЦИНСКОГО ОБРАЗОВАНИЯ

УТВЕРЖДАЮ  
Директор  
Института медицинского образования  
ФГБУ «НМИЦ им. В.А. Алмазова»  
Минздрава России  
Е.В. Пармон  
«30» августа 2024 г.

## РАБОЧАЯ ПРОГРАММА

Дисциплина	<b>МАТЕМАТИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ ЖИВЫХ СИСТЕМ</b> (наименование дисциплины)
Профиль	<b>магистратура по направлению подготовки 06.04.01 Биология</b> (код специальности и наименование) <b>Клеточная и молекулярная биология</b>
Факультет	<b>лечебный факультет</b> (наименование факультета)
Кафедра	<b>математики и естественнонаучных дисциплин</b> (наименование кафедры)

Форма обучения	очная
Курс	2
Семестр	3
Лекции	8 час.
Практические занятия	24 час.
Всего аудиторной работы	32 час.
Самостоятельная работа (внеаудиторная)	40 час.
Форма промежуточной аттестации	зачет
Общая трудоемкость дисциплины	72/2 (час/зач. ед.)

Санкт-Петербург  
2024

Рабочая программа дисциплины «Математическое моделирование живых систем» составлена в соответствии с Федеральным государственным образовательным стандартом высшего образования — магистратура по направлению подготовки 06.04.01 Биология, утвержденным приказом Министерства науки и высшего образования Российской Федерации «11» августа 2020 г. № 934 и учебным планом.

### СОСТАВИТЕЛИ РАБОЧЕЙ ПРОГРАММЫ

№ п/п	Фамилия, имя, отчество	Ученая степень, звание	Занимаемая должность	Место работы
1.	Михайлова Нинель Вадимовна	к.х.н.	Заведующий кафедрой математики и естественнонаучных дисциплин	ФГБУ «НМИЦ им. В.А. Алмазова» Минздрава России
2.	Леоненко Василий Николаевич	к.ф.-м.н	Доцент кафедры математики и естественнонаучных дисциплин	ФГБУ «НМИЦ им. В.А. Алмазова» Минздрава России

### ЛИСТ СОГЛАСОВАНИЯ

Рабочая программа дисциплины «Математическое моделирование живых систем» рассмотрена и обсуждена на заседании кафедры математики и естественнонаучных дисциплин.

Рабочая программа дисциплины «Математическое моделирование живых систем» рассмотрена и одобрена на заседании учебно-методического совета Института медицинского образования ФГБУ «НМИЦ им. В.А. Алмазова» Минздрава России «25» января 2022 г., протокол № 1/2022.

Внесение изменений и дополнений в рабочую программу дисциплины «Математическое моделирование живых систем» рассмотрены и одобрены на заседании учебно-методического совета Института медицинского образования ФГБУ «НМИЦ им. В.А. Алмазова» Минздрава России «27» августа 2024г., протокол № 05/01/2024.

## **1. ЦЕЛЬ И ЗАДАЧИ ДИСЦИПЛИНЫ**

**Цель дисциплины:** формирование у обучающегося базовых профессиональных знаний в области сравнительного анализа и применения методов математического моделирования динамики живых систем.

### **Задачи дисциплины:**

- изучение базовых методов современного математического моделирования;
- получение навыков владения специализированными языками программирования высокого уровня и пакетами программ для моделирования;
- получение представления о возможностях математического моделирования в биологии и медицине.

## **2. МЕСТО ДИСЦИПЛИНЫ В СТРУКТУРЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЙ ПРОГРАММЫ**

Дисциплина «Математическое моделирование живых систем» относится к Блоку 1. учебного плана.

### **Междисциплинарные и внутрдисциплинарные связи:**

Для изучения данной дисциплины обучающимся необходимо владение знаниями из ранее освоенных дисциплин: «Основы биostatистики».

### 3. ТРЕБОВАНИЯ К РЕЗУЛЬТАТАМ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ:

Изучение данной учебной дисциплины направлено на формирование у обучающихся следующих универсальных (УК), общепрофессиональных (ОПК) и профессиональных (ПК) компетенций:

Компетенция	Индикатор	Показатели достижения освоения компетенции	Оценочные средства
УК-1. Способен осуществлять критический анализ проблемных ситуаций на основе системного подхода, выработать стратегию действий	УК-1.2. Формулирует цели и рассматривает различные варианты решения проблемной ситуации	Знает: основы математических методов моделирования живых систем	Для текущего контроля: - КВ Для промежуточной аттестации: - ПРР
		Умеет: анализировать постановки задач в предметных областях, связанных с изучением динамики живых систем, и переводить их на язык математического моделирования	Для текущего контроля: - КВ Для промежуточной аттестации: - ПРР
ОПК-6. Способен творчески применять и модифицировать современные компьютерные технологии, работать с профессиональными базами данных, профессионально оформлять и представлять результаты новых разработок	ОПК-6.1. Использует современные компьютерные технологии в работе с профессиональными базами данных	Знает: основные методы сбора и анализа данных, основы работы с языком программирования Python в среде разработки PyCharm	Для текущего контроля: - КВ Для промежуточной аттестации: - ПРР
		Умеет: использовать стандартные библиотеки Python, предназначенные для обработки массивов данных	Для текущего контроля: - ТЗ Для промежуточной аттестации: - ПРР
	ОПК-6.2. Проводит статистический анализ данных с помощью компьютерных программ и интерпретирует результаты для решения профессиональных задач	Знает: методы калибровки статистических и механистических моделей на данные	Для текущего контроля: - КВ Для промежуточной аттестации: - ПРР
		Умеет: производить калибровку моделей с использованием языка Python или других открытых языков программирования и сред, а также интерпретировать полученные результаты	Для текущего контроля: - ТЗ Для промежуточной аттестации: - ПРР
ОПК-6.3. Применяет современные компьютерные технологии при представлении результатов новых разработок	Знает: способы графического и текстового представления результатов моделирования для разной целевой аудитории	Для текущего контроля: - КВ Для промежуточной аттестации: - ПРР	

		Умеет: использовать библиотеки программ для графической и текстовой визуализации	Для текущего контроля: - ТЗ Для промежуточной аттестации: - ПРР
ПК-5. Способен осуществлять научные исследования в области клеточной биологии, несет ответственность за качество работ и научную достоверность результатов	ПК-5.3. Проводит статистическую обработку результатов	Знает: основные типы исходных данных (количественных, качественных) и специфику их сбора	Для текущего контроля: - КВ Для промежуточной аттестации: - ПРР
		Умеет: корректировать ошибки в исходных данных и переводить данные в машинно-читаемые форматы, пользоваться специализированными языками программирования высокого уровня и пакетами программ для обработки данных	Для текущего контроля: - ТЗ Для промежуточной аттестации: - ПРР

*КВ — контрольные вопросы, ТЗ — тестовые задания, ПРР — презентации результатов работ*

#### 4. СОДЕРЖАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ, СТРУКТУРИРОВАННОЕ ПО ТЕМАМ (РАЗДЕЛАМ) С УКАЗАНИЕМ ОТВЕДЕННОГО НА НИХ КОЛИЧЕСТВА АКАДЕМИЧЕСКИХ ЧАСОВ И ВИДОВ ЗАНЯТИЙ

##### 4.1 Объем дисциплины в академических часах, выделенных на контактную работу обучающихся с преподавателем и на самостоятельную внеаудиторную работу обучающихся

Вид учебной работы	Трудоемкость	Семестры
	объем в академических часах (АЧ)	3
<b>Аудиторные занятия (всего)</b>	<b>32</b>	<b>32</b>
В том числе:		
Лекции (Л)	8	8
Практические занятия (ПЗ)	24	24
<b>Самостоятельная внеаудиторная работа (всего)</b>	<b>40</b>	<b>40</b>
В том числе:		
Подготовка к занятиям	10	10
Работа с и вопросами для текущего контроля	10	10
Подготовка проекта, подбор и изучение литературных источников, интернет-ресурсов	20	20
<b>Промежуточная аттестация</b>		<b>зачет</b>
<b>Общая трудоемкость</b>	<b>72</b>	<b>72</b>
<b>часы</b>		<b>2</b>
<b>зач.ед.</b>		

##### 4.2 Содержание дисциплины, структурированное по темам (разделам) с указанием отведенного на них количества академических часов и видов занятий

Наименование темы (раздела)	Контактная работа, академ. ч		Самостоятельная внеаудиторная работа	Всего
	Лекции	Практические занятия		
Раздел 1. Введение в моделирование живых систем	4	4	6	14
Раздел 2. Биологические и эпидемиологические модели и их применение	4	20	34	58
<b>ИТОГО</b>	<b>8</b>	<b>24</b>	<b>40</b>	<b>72</b>

### 4.3 Тематический план лекционного курса дисциплины – 8 часов

№ темы	Наименование темы лекционного занятия	Часы	Содержание темы	Индикаторы формируемых компетенций	Демонстрационное оборудование и учебно-наглядные пособия
<b>Раздел 1. Введение в моделирование живых систем</b>					
1	Тема 1. Введение в моделирование живых систем	2	Проблемы и задачи моделирования живых систем. История развития математической биологии и эпидемиологии. Возможности и ограничения применения математического аппарата для моделирования живых систем	УК-1.2, ОПК-6.1, ОПК-6.2	мультимедийная аппаратура, презентации
<b>Раздел 2. Биологические и эпидемиологические модели и их применение</b>					
2	Тема 2. Простые биологические и эпидемиологические модели и их применение	2	Модель Мальтуса. Модель Ферхюльста. Модель Лотки-Вольтерры. Детерминистские SIR-модели. SIR-модели с демографией. Смертность, вызываемая инфекциями, и SI-модели. Модели с учётом и без учёта иммунитета (SIS, SIRS). Латентный период и его влияние на модельную динамику (SEIR). Модели с дискретным временем. Параметризация моделей. Базовое число репродукции инфекции. Аналитическое и численное исследование моделей.	ОПК-6.1, ОПК-6.2	мультимедийная аппаратура, презентации
3	Тема 3. Модели с неоднородностью биологических особей и носителей инфекции. Модели взаимодействующих и трансмиссивных инфекций	1	Мотивация рассмотрения неоднородности особей. Группы риска на примере инфекций, передающихся половым путём. Возрастная структура: детские и возрастные заболевания. Моделирование нескольких патогенов при наличии, частичном наличии и отсутствии перекрёстного иммунитета. Паразитарные, трансмиссивные и зоонозные инфекции.	ОПК-6.1, ОПК-6.2,	мультимедийная аппаратура, презентации
4	Тема 4. Стохастическая динамика	1	Погрешности измерений. Стохастические модели и границы их применимости. Параметризация моделей. Аналитические и численные методы изучения	ОПК-6.1, ОПК-6.2	мультимедийная аппаратура, презентации

#### 4.4 Тематический план практических занятий – 24 часа

№ темы	Форма проведения практического занятия	Часы	Содержание темы практического занятия	Индикаторы формируемых компетенций	Формы и методы текущего контроля
<b>Раздел 1. Введение в моделирование живых систем</b>					
1	Практическое занятие	4	Проблемы и задачи моделирования живых систем Этапы подготовки индивидуального проекта. (Формулировка проблемы)	УК-1.2, ОПК-6.1, ОПК-6.2, ОПК-6.3, ПК-5.3	КВ, ПРР
<b>Раздел 2. Биологические и эпидемиологические модели и их применение</b>					
2	Практическое занятие	4	Стандартные биологические и эпидемиологические модели. Аналитическое и численное исследование моделей. Этапы подготовки индивидуального проекта. (Используемый набор данных).	ОПК-6.2, ОПК-6.3, ПК-5.3	КВ, ТЗ
3	Практическое занятие	4	Формулировка моделей с неоднородностью биологических особей и носителей инфекции. Формулировка моделей взаимодействующих и трансмиссивных инфекций. Особенности аналитического и численного исследования. Этапы подготовки индивидуального проекта. (Выбор математического аппарата).	ОПК-6.2, ОПК-6.3, ПК-5.3	КВ, ТЗ
4	Практическое занятие	4	Стохастические модели и границы их применимости. Аналитические и численные методы изучения. Этапы подготовки индивидуального проекта. (Выбор математического аппарата).	ОПК-6.2, ОПК-6.3, ПК-5.3	КВ, ТЗ
5	Практическое занятие	4	Постановка задач в математической биологии и эпидемиологии с необходимостью учёта пространственной неоднородности. Алгоритмическая и программная реализация моделей на пространственных структурах. Этапы подготовки индивидуального проекта. (Выбор математического аппарата).	ОПК-6.2, ОПК-6.3, ПК-5.3	КВ, ТЗ
6	Практическое занятие	4	Построение моделей живых систем с возможностью введения контрольных переменных. Поиск оптимального управления. Анализ чувствительности. Обсуждение этапов подготовки индивидуального проекта.	ОПК-6.2, ОПК-6.3, ПК-5.3	КВ, ПРР

*КВ — контрольные вопросы, СЗ — ситуационные задачи, ПРР — презентации результатов работ*



## 4.5 Внеаудиторная самостоятельная работа

Вид самостоятельной работы	Часы	Индикаторы формируемых компетенций
Подготовка к занятиям	10	УК-1.2, ОПК-6.1, ОПК-6.2, ОПК-6.3, ПК-5.3
Работа с и вопросами для текущего контроля	10	УК-1.2, ОПК-6.1, ОПК-6.2, ОПК-6.3, ПК-5.3
Подготовка проекта, подбор и изучение литературных источников, интернет-ресурсов	20	УК-1.2, ОПК-6.1, ОПК-6.2, ОПК-6.3, ПК-5.3

### 4.5.1. Самостоятельная проработка некоторых тем не предусмотрена.

## 5. ОРГАНИЗАЦИЯ ТЕКУЩЕГО КОНТРОЛЯ И ПРОМЕЖУТОЧНОЙ АТТЕСТАЦИИ

### 5.1 Виды оценочных средств, используемых при текущем контроле и промежуточной аттестации

Формы контроля	Наименование раздела дисциплины	Оценочные средства		
		КВ	ТЗ	ППР
Текущий контроль	Раздел 1. Введение в моделирование живых систем	3	-	-
	Раздел 2. Биологические и эпидемиологические модели и их применение	10	10	-
Промежуточная аттестация - зачет		-	10	1

*КВ – контрольные вопросы, ТЗ – тестовые задания, ПРР – презентации результатов работ*

### 5.2 Организация текущего контроля знаний

№ п/п	Наименование темы (раздела) дисциплины	Код контролируемой компетенции (или ее индикатора)	Наименование оценочного средства
1	Раздел 1. Введение в моделирование живых систем	УК-1.2, ОПК-6.1, ОПК-6.2	КВ
2	Раздел 2. Биологические и эпидемиологические модели и их применение	ОПК-6.1, ОПК-6.2, ОПК-6.3, ПК-5.3	КВ, ТЗ

*КВ – контрольные вопросы, СЗ – ситуационные задачи*

Текущий контроль успеваемости по дисциплине осуществляется в форме ответов на контрольные вопросы, выполнения ситуационных задач и групповых заданий. Практическая работа засчитывается при условии выполнения не менее 80% ситуационных задач. Групповое задание засчитывается при стопроцентном выполнении предложенных студентам задач, успешной презентации задания на занятии и правильном ответе на более чем 75% вопросов преподавателя и студентов по теме задания.

### 5.3 Организация контроля самостоятельной работы

№ п/п	Вид работы	Код контролируемой компетенции (или ее индикатора)	Наименование оценочного средства
1	Подготовка к занятиям	УК-1.2, ОПК-6.1, ОПК-6.2, ОПК-6.3, ПК-5.3	КВ
2	Работа с вопросами для текущего контроля	УК-1.2, ОПК-6.1, ОПК-6.2, ОПК-6.3, ПК-5.3	КВ, ТЗ
3	Подготовка проекта, подбор и изучение литературных источников, интернет-ресурсов	УК-1.2, ОПК-6.1, ОПК-6.2, ОПК-6.3, ПК-5.3	ППР

## 5.4 Организация промежуточной аттестации

### Форма промежуточной аттестации по дисциплине – зачет

#### Этапы проведения промежуточной аттестации

Этапы	Вид задания	Оценочные материалы	Индикаторы проверяемых компетенций
1	Тестовые задания	ТЗ	ОПК-6.1, ОПК-6.2, ОПК-6.3, ПК-5.3
2	Защита индивидуального проекта	ПРР	УК-1.2, ОПК-6.1, ОПК-6.2, ОПК-6.3, ПК-5.3

ПРР – презентации результатов работ

Зачёт по дисциплине ставится при условии, что обучающийся допущен до сдачи индивидуального проекта (пройден текущий контроль успеваемости), стопроцентно осуществил постановку задачи проекта и выполнил её, успешно представил проект преподавателю и ответил на более чем 75% вопросов преподавателя по теме проекта.

#### Типовые оценочные средства:

Примеры *типовых контрольных вопросов* для проверки формирования индикаторов компетенций:

УК-1.2:

- Проблемы и задачи моделирования живых систем. История развития математической биологии и эпидемиологии. Возможности и ограничения применения математического аппарата для моделирования живых систем.
- Мотивация рассмотрения неоднородности особей. Группы риска на примере инфекций, передающихся половым путём. Возрастная структура: детские и возрастные заболевания. Моделирование нескольких патогенов при наличии, частичном наличии и отсутствии перекрёстного иммунитета. Паразитарные, трансмиссивные и зоонозные инфекции.

ОПК-6.1:

- Модели взаимодействующих популяций. Модель Лотки-Вольтерры.
- Модели с эффектами саморегулирования популяций (ограничение ёмкости среды, эффект Олли). Модели использования биологических ресурсов с учётом ограничений. Вакцинация в эпидемиологических моделях. Отслеживание контактов и изоляция. Примеры: СПИД, грипп, COVID.

ОПК-6.2:

- Детерминистские SIR-модели. SIR-модели с демографией. Смертность, вызываемая инфекциями, и SI-модели. Модели с учётом и без учёта иммунитета (SIS, SIRS). Латентный период и его влияние на модельную динамику (SEIR).
- Модели с дискретным временем. Параметризация моделей.

ОПК-6.3:

- Простейшие демографические модели (Модель Мальтуса. Модель Ферхюльста).

- Базовое число репродукции инфекции. Аналитическое и численное исследование моделей.

ПК-5.3:

- Погрешности измерений. Стохастические модели и границы их применимости. Параметризация моделей. Аналитические и численные методы изучения.
- Необходимость учёта пространственной неоднородности в задачах математической биологии и эпидемиологии. Метапопуляции. Клеточные автоматы. Мультиагентные и сетевые модели.

Примеры *типовых ситуационных задач* для проверки формирования индикаторов компетенций ОПК-6.1, ОПК-6.2, ОПК-6.3, ПК-5.3:

- Предположим, что классификация популяции по состоянию болезни в стандартной SIR-модели (восприимчивые, инфицированные, удалённые) дополнена состоянием латентной инфекции E, с количеством индивидов в этом состоянии E(t), удовлетворяющим уравнениям:

$$\frac{dS}{dt} = -\beta SI, \frac{dE}{dt} = \beta SI - \gamma E, \frac{dI}{dt} = \gamma E - \delta I, \frac{dR}{dt} = \delta I$$

На произвольном наборе фиксированном параметров сравните итоговый размер эпидемии в такой модели с соответствующим показателем исходной SIR-моделью, прокомментируйте результат.

**Оценочные средства для проведения промежуточной аттестации обучающихся по дисциплине** (приложение 1 к рабочей программе).

## **6. ХАРАКТЕРИСТИКА ИНФОРМАЦИОННО-ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЙ СРЕДЫ**

В ИМО создана и функционирует электронная информационно-образовательная среда (далее - ЭИОС), включающая в себя электронные информационные ресурсы, электронные образовательные ресурсы. ЭИОС обеспечивает освоение обучающимися образовательных программ в полном объеме независимо от места нахождения обучающихся. Электронные библиотеки обеспечивают доступ к профессиональным базам данных, справочным и поисковым системам, а также иным информационным ресурсам.

### **6.1 Программное обеспечение, профессиональные базы данных, информационные справочные системы, ресурсы информационно-телекоммуникационной сети «Интернет», необходимые для освоения дисциплины**

#### **1. Программное обеспечение, используемое при осуществлении образовательного процесса по дисциплине:**

Операционная система семейства Windows

Пакет OpenOffice

Пакет LibreOffice

Microsoft Office Standard 2016

NETOP Vision Classroom Management Software

Образовательный портал ФГБУ «НМИЦ им. В. А. Алмазова» Минздрава России

<http://moodle.almazovcentre.ru/>

САБ «Ирбис 64» - система автоматизации библиотек. Электронный каталог АРМ «Читатель» и Web-Ирбис

## **6.2. Профессиональные базы данных, используемые при осуществлении образовательного процесса по дисциплине:**

Электронная библиотечная система «Медицинская библиотека «MEDLIB.RU» ([www.medlib.ru](http://www.medlib.ru))

Электронная медицинская библиотека «Консультант врача» ([www.rosmedlib.ru](http://www.rosmedlib.ru))

ЭБС «Букап» (<https://www.books-up.ru/>)

ЭБС «Юрайт» (<https://urait.ru/>)

Электронная библиотека Профи-Либ «Медицинская литература издательства "Спецлит"» (<https://speclit.profy-lib.ru/>)

Всемирная база данных статей в медицинских журналах PubMed

<https://www.ncbi.nlm.nih.gov/>

Научная электронная библиотека <http://elibrary.ru/>

## **6.3. Ресурсы информационно-телекоммуникационной сети «Интернет», необходимые для освоения дисциплины:**

Поисковые системы Yandex (<http://www.yandex.ru/>)

Мультимедийный словарь перевода слов онлайн Мультитран (<http://www.multitrans.ru/>)

Университетская информационная система РОССИЯ (<https://uisrussia.msu.ru/>)

Публикации ВОЗ на русском языке (<https://www.who.int/ru/publications/i>)

Международные руководства по медицине (<https://www.guidelines.gov/>)

Федеральная электронная медицинская библиотека (ФЭМБ) (<http://www.femb.ru>)

Боль и ее лечение ([www.painstudy.ru](http://www.painstudy.ru))

US National Library of Medicine National Institutes of Health ([www.pubmed.com](http://www.pubmed.com))

Русский медицинский журнал ([www.rmj.ru](http://www.rmj.ru))

Министерство здравоохранения Российской Федерации ([www.rosminzdrav.ru](http://www.rosminzdrav.ru))

КиберЛенинка — это научная электронная библиотека (<https://cyberleninka.ru>)

Российская государственная библиотека ([www.rsl.ru](http://www.rsl.ru))

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

Обучение по дисциплине «Математическое моделирование живых систем» включает контактную работу, состоящую из практических занятий, самостоятельной работы и промежуточной аттестации. Лекционные занятия проводятся с использованием демонстрационного материала в виде мультимедийных презентаций.

Практические занятия проходят в учебных аудиториях. В ходе занятий студенты разбирают и обсуждают вопросы по соответствующим разделам и темам дисциплины, выполняют теоретические и практические задания.

Для реализации компетентного подхода в учебном процессе широко используются активные и интерактивные формы проведения занятий (использование интернет-ресурсов для подготовки к занятиям, групповые дискуссии и др.) в сочетании с внеаудиторной работой с целью формирования и развития профессиональных навыков обучающихся.

Для студентов условиями правильной организации учебного процесса являются планирование времени, необходимого на изучение данной дисциплины, регулярное повторение пройденного материала, подготовка к текущему тематическому контролю успеваемости и промежуточной аттестации.

Самостоятельная работа включает в себя проработку лекционных материалов, практических материалов и задач, которые разбирались на занятиях или были рекомендованы для самостоятельного решения, изучение рекомендованной учебной литературы, изучение информации, публикуемой в научной периодической печати и представленной в сети «Интернет» и подготовку проекта по предложенной теме. Для самостоятельной работы в течение всего периода обучения имеется индивидуальным неограниченным доступом к

электронной информационно-образовательной среде Центра Алмазова из любой точки, в которой есть доступ к сети «Интернет», как на территории Центра Алмазова, так и вне ее.

### **6.5. Перечень основной и дополнительной учебной литературы, необходимой для освоения дисциплины:**

#### **Основная литература:**

1. Моделирование в медицине. Практикум : Учебное пособие / Под общ. ред. В.А. Каштанова, канд. биол. наук, доц. Н.А. Контарова. — М.: ООО «Издательство «Медицинское информационное агентство», 2019. - Текст : электронный // URL : <https://www.medlib.ru/library/library/books/32705>
2. Информатика и медицинская статистика / под ред. Г. Н. Царик - Москва : ГЭОТАР-Медиа, 2017. - Текст : электронный // URL : <https://www.rosmedlib.ru/book/ISBN9785970442432.html>
3. Медицинская информатика : учебник / В. П. Омельченко, А. А. Демидова. - Москва : ГЭОТАР-Медиа, 2016. - Текст : электронный // URL \_\_\_\_\_: <https://www.rosmedlib.ru/book/ISBN9785970436455.html>

Дополнительная литература:

1. Основы высшей математики и математической статистики [Электронный ресурс]: учебник/Павлушков И.В. и др. - М.: ГЭОТАР-Медиа, 2012. - Текст: электронный//URL: <http://www.rosmedlib.ru/book/ISBN9785970415771.html>
2. Математика [Электронный ресурс]/Омельченко В.П. - М.: ГЭОТАР-Медиа, 2017. - Режим доступа: <https://www.rosmedlib.ru/book/ISBN9785970440285.html>
3. Математика: учебник для фармацевт. и мед. вузов/Е.В. Греков - Москва: ГЭОТАР-Медиа, 2015. - Текст: электронный//URL: <https://www.rosmedlib.ru/book/ISBN9785970432815.html>
4. Инфекционные болезни: национальное руководство/под ред. Н.Д. Ющука, Ю.В. Венгерова. - 2-е изд., перераб. и доп. - Москва: ГЭОТАР-Медиа, 2018. - Текст: электронный//URL: <https://www.rosmedlib.ru/book/ISBN9785970444122.html>

## **7. МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ**

Для осуществления образовательного процесса по дисциплине «Математическое моделирование живых систем» программы высшего образования - магистратура по направлению подготовки 06.04.01 Биология Центр Алмазова располагает материально-технической базой, соответствующей действующим противопожарным правилам и нормам и обеспечивающей проведение всех видов дисциплинарной и междисциплинарной подготовки, практической и научно-исследовательской работ обучающихся, предусмотренных учебной дисциплиной.

Для проведения занятий по дисциплине «Математическое моделирование живых систем» специальные помещения имеют материально-техническое и учебно-методическое обеспечение:

Учебная аудитория для проведения занятий лекционного типа – укомплектована специализированной (учебной) мебелью, набором демонстрационного оборудования и учебно-наглядными пособиями, обеспечивающими тематические иллюстрации, соответствующие рабочим учебным программам дисциплин (модулей).

Учебная аудитория для проведения занятий семинарского типа (практические занятия и все формы его проведения) - укомплектована специализированной (учебной) мебелью, техническими средствами обучения, служащими для представления учебной информации.

Лаборатория – оснащенная лабораторным оборудованием, техническими средствами обучения, служащими для представления учебной информации.

Учебная аудитория для групповых и индивидуальных консультаций - укомплектована специализированной (учебной) мебелью, техническими средствами обучения, служащими для представления учебной информации.

Учебная аудитория для текущего контроля и промежуточной аттестации - укомплектована специализированной (учебной) мебелью, техническими средствами обучения, служащими для представления учебной информации.

Помещение для самостоятельной работы – укомплектовано специализированной (учебной) мебелью, оснащено компьютерной техникой с возможностью подключения к сети "Интернет" и обеспечено доступом в электронную информационно-образовательную среду организации.

## **8. КАДРОВОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ**

Состав и квалификация научно-педагогических работников обеспечивающих осуществление образовательного процесса по дисциплине «Математическое моделирование живых систем» соответствует требованиям ФГОС ВО - магистратура по направлению подготовки 06.04.01 Биология.

## **9. ОСОБЕННОСТИ ОРГАНИЗАЦИИ ОБУЧЕНИЯ ПО ДИСЦИПЛИНЕ ДЛЯ ИНВАЛИДОВ И ЛИЦ С ОГРАНИЧЕННЫМИ ВОЗМОЖНОСТЯМИ ЗДОРОВЬЯ**

Освоение дисциплины инвалидами и лицами с ограниченными возможностями здоровья при необходимости осуществляется кафедрой на основе адаптированной рабочей программы с использованием специальных методов обучения и дидактических материалов, составленных с учетом особенностей психофизического развития, индивидуальных возможностей и состояния здоровья таких обучающихся (обучающегося).

В целях освоения учебной программы дисциплины «Математическое моделирование живых систем» инвалидами и лицами с ограниченными возможностями здоровья кафедра обеспечивает:

1. для инвалидов и лиц с ограниченными возможностями здоровья по зрению:
  - размещение в местах доступных для обучающихся, являющихся слепыми или слабовидящими, в адаптированной форме справочной информации о расписании учебных занятий;
  - присутствие ассистента, оказывающего обучающемуся необходимую помощь;
  - выпуск альтернативных форматов методических материалов (крупный шрифт или аудиофайлы);
2. для инвалидов и лиц с ограниченными возможностями здоровья по слуху:
  - надлежащими звуковыми средствами воспроизведение информации;
3. для инвалидов и лиц с ограниченными возможностями здоровья, имеющих нарушения опорно-двигательного аппарата:
  - возможность беспрепятственного доступа обучающихся в учебные помещения, туалетные комнаты и другие помещения кафедры, а также пребывание в указанных помещениях.

Образование обучающихся с ограниченными возможностями здоровья может быть организовано как совместно с другими обучающимися, так и в отдельных группах или в отдельных организациях.

При освоении программы дисциплины обучающимся с ограниченными возможностями здоровья предоставляются бесплатно специальные учебники и учебные пособия, иная

учебная литература и специальные технические средств обучения коллективного и индивидуального пользования, а также услуги сурдопереводчиков и тифлосурдопереводчиков.

**ОЦЕНОЧНЫЕ СРЕДСТВА  
К РАБОЧЕЙ ПРОГРАММЕ ПО ДИСЦИПЛИНЕ  
«МАТЕМАТИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ ЖИВЫХ СИСТЕМ»  
(наименование дисциплины)**

**Магистратура по направлению подготовки 06.04.01 Биология**

**Профиль:** Клеточная и молекулярная биология

Квалификация (степень) выпускника: Магистр

Форма обучения: очная

**Срок освоения ОПОП ВО:** 2 года  
*(нормативный срок обучения)*



## ПАСПОРТ ОЦЕНОЧНЫХ СРЕДСТВ

**по дисциплине «МАТЕМАТИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ ЖИВЫХ СИСТЕМ»**  
(наименование дисциплины)

1. В результате освоения дисциплины обучающийся должен обладать следующими компетенциями: УК-1, ОПК-6, ПК-5.
2. Описание показателей и критериев оценивания компетенций в процессе изучения дисциплины

Компетенция	Индикатор	Показатели достижения заданного уровня освоения компетенции и критерии оценивания результатов обучения			Оценочные средства
		Начальный «Удовлетворительно»	Базовый «Хорошо»	Продвинутый «Отлично»	
УК-1 Способен осуществлять критический анализ проблемных ситуаций на основе системного подхода, выработать стратегию действий	УК-1.2 Формулирует цели и рассматривает различные варианты решения проблемной ситуации	Знает: классификацию математических методов моделирования живых систем	Знает: основы математических методов моделирования живых систем	Знает: на достаточно высоком уровне основы математических методов моделирования живых систем	Для текущего контроля: КВ Для промежуточной аттестации: ПРР
		Умеет: анализировать постановки задач в предметных областях, связанных с изучением динамики живых систем	Умеет: анализировать постановки задач в предметных областях, связанных с изучением динамики живых систем, и переводить их на язык математического моделирования	Умеет: анализировать постановки задач в предметных областях, связанных с изучением динамики живых систем, переводить их на язык математического моделирования и использовать	Для текущего контроля: КВ Для промежуточной аттестации: ПРР
ОПК-6 Способен творчески применять и модифицировать современные компьютерные технологии, работать с профессиональными базами данных, профессионально оформлять и представлять результаты новых разработок	ОПК-6.1 Использует современные компьютерные технологии в работе с профессиональными базами данных	Знает: некоторые методы сбора и анализа данных, основы работы с языком программирования Python в среде разработки PyCharm	Знает: основные методы сбора и анализа данных, основы работы с языком программирования Python в среде разработки PyCharm	Знает: на высоком уровне основные методы сбора и анализа данных, основы работы с языком программирования Python в среде разработки PyCharm	Для текущего контроля: КВ  Для промежуточной аттестации: ПРР, ТЗ
		Умеет: анализировать стандартные библиотеки Python, предназначенные для обработки массивов данных	Умеет: анализировать, использовать стандартные библиотеки Python, предназначенные для обработки массивов данных	Умеет: анализировать, использовать стандартные библиотеки Python, предназначенные для обработки массивов данных, самостоятельно представлять результаты	Для текущего контроля: ТЗ Для промежуточной аттестации: ПРР, ТЗ
	ОПК-6.2 Проводит	Знает: некоторые	Знает: основные методы	Знает: на высоком уровне методы	Для текущего контроля: КВ

	статистический анализ данных с помощью компьютерных программ и интерпретирует результаты для решения профессиональных задач	методы калибровки статистических и механистических моделей на данные Умеет: производить калибровку моделей с использованием языка Python	калибровки статистических и механистических моделей на данные Умеет: производить калибровку моделей с использованием языка Python или других открытых языков программирования и сред	калибровки статистических и механистических моделей на данные Умеет: производить калибровку моделей с использованием языка Python или других открытых языков программирования и сред, а также интерпретировать полученные результаты	Для промежуточной аттестации: ПРР, ТЗ Для текущего контроля: ТЗ Для промежуточной аттестации: ПРР, ТЗ
	ОПК-6.3 Применяет современные компьютерные технологии при представлении и результатов новых разработок	Знает: некоторые способы графического и текстового представления результатов моделирования для разной целевой аудитории Умеет: анализировать библиотеки программ для графической и текстовой визуализации	Знает: основные способы графического и текстового представления результатов моделирования для разной целевой аудитории Умеет: анализировать, использовать библиотеки программ для графической и текстовой визуализации	Знает: на высоком уровне способы графического и текстового представления результатов моделирования для разной целевой аудитории Умеет: анализировать и использовать библиотеки программ для графической и текстовой визуализации, интерпретировать полученные результаты	Для текущего контроля: КВ Для промежуточной аттестации: ПРР, ТЗ Для текущего контроля: ТЗ Для промежуточной аттестации: ПРР, ТЗ
ПК-5 Способен осуществлять научные исследования в области клеточной биологии, несет ответственность за качество работ и научную достоверность результатов	ПК-5.3 Проводит статистическую обработку результатов	Знает: некоторые типы исходных данных (количественных, качественных) и специфику их сбора Умеет: корректировать ошибки в исходных данных	Знает: основные типы исходных данных (количественных, качественных) и специфику их сбора Умеет: корректировать ошибки в исходных данных и переводить данные в машинно-читаемые форматы	Знает: на высоком уровне основные типы исходных данных (количественных, качественных) и специфику их сбора Умеет: корректировать ошибки в исходных данных и переводить данные в машинно-читаемые форматы, пользоваться специализированными языками программирования	Для текущего контроля: КВ, ТЗ Для промежуточной аттестации: ПРР, ТЗ Для текущего контроля: ТЗ Для промежуточной аттестации: ПРР, ТЗ

				я высокого уровня и пакетами программ для обработки данных	
--	--	--	--	--	--

### 3. Организация текущего контроля

№ п/п	Наименование темы (раздела) дисциплины	Код контролируемой компетенции (или ее части)	Наименование оценочного средства
1	Раздел 1. Введение в моделирование живых систем	УК-1.2, ОПК-6.1, ОПК-6.2	КВ
2	Раздел 2. Биологические и эпидемиологические модели и их применение	ОПК-6.1, ОПК-6.2, ОПК-6.3, ПК-5.3	КВ, ТЗ

*КВ – контрольные вопросы, СЗ – ситуационные задачи*

Текущий контроль успеваемости по дисциплине осуществляется в форме ответов на контрольные вопросы, выполнения ситуационных задач и групповых заданий. Практическая работа засчитывается при условии выполнения не менее 80% ситуационных задач. Групповое задание засчитывается при стопроцентном выполнении предложенных студентам задач, успешной презентации задания на занятии и правильном ответе на более чем 75% вопросов преподавателя и студентов по теме задания.

#### 4. Форма промежуточной аттестации по дисциплине – зачёт

#### 5. Этапы проведения промежуточной аттестации:

Этапы	Вид задания	Оценочные материалы	Индикаторы проверяемых компетенций
1	Тестовые задания	ТЗ	ОПК-6.1, ОПК-6.2, ОПК-6.3, ПК-5.3
2	Защита индивидуального проекта	ПРР	УК-1.2, ОПК-6.1, ОПК-6.2, ОПК-6.3, ПК-5.3

*ПРР – презентации результатов работ*

#### 6. Критерии оценивания заданий промежуточной аттестации:

Вид задания	«Не зачтено»	«Зачтено»
Подготовка и защита индивидуального проекта	Обучающийся не допущен до сдачи индивидуального проекта (не пройден текущий контроль успеваемости), либо не осуществил постановку задачи проекта или не выполнил её, либо не смог представить проект, либо ответил на менее чем 75% вопросов преподавателя по теме проекта	Обучающийся допущен до сдачи индивидуального проекта (пройден текущий контроль успеваемости), стопроцентно осуществил постановку задачи проекта и выполнил её, успешно представил проект преподавателю и ответил на более чем 75% вопросов преподавателя по теме проекта

Промежуточная аттестация по дисциплине осуществляется в форме зачёта в виде защиты индивидуального проекта.

Зачёт по дисциплине ставится при условии, что обучающийся допущен до сдачи индивидуального проекта (пройден текущий контроль успеваемости), стопроцентно осуществил постановку задачи проекта и выполнил её, успешно представил проект преподавателю и ответил на более чем 75% вопросов преподавателя по теме проекта.

## ОЦЕНОЧНЫЕ МАТЕРИАЛЫ ДЛЯ ТЕКУЩЕГО КОНТРОЛЯ

### КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ

№ KB	Контрольный вопрос	Проверяемые индикаторы компетенции
1	Назовите простейшие демографические модели.	ОПК-6.1, ОПК-6.2, ОПК-6.3 УК-1.2 ПК-5.3
	Эталон ответа: Модель Мальтуса. Модель Ферхюльста	

№ KB	Контрольный вопрос	Проверяемые компетенции
2	Как называется кривая, отображающая на плоскости динамику изменения численности по уравнению Ферхюльста.	ОПК-6.1, ОПК-6.2, ОПК-6.3
	Эталон ответа: Логистическая кривая	

№ KB	Контрольный вопрос	Проверяемые компетенции
3	Дать определение детерминированной модели	ОПК-6.1, ОПК-6.2, ОПК-6.3 УК-1.2
	Эталон ответа: аналитическое представление закономерности, операции при которых для данной совокупности входных значений на выходе системы может быть получен единственный результат	

№ KB	Контрольный вопрос	Проверяемые компетенции
4	Что такое SIR-модели.	ОПК-6.1, ОПК-6.2, ОПК-6.3 УК-1.2
	Эталон ответа: Модель SIR (модель Кермака-Маккедрика) - одна из простейших компартментных моделей, в которых с помощью систем дифференциальных уравнений описывается динамика групп восприимчивых, инфицированных и выздоровевших индивидов.	

№ KB	Контрольный вопрос	Проверяемые компетенции
5	Что такое классификация моделей.	ОПК-6.1, ОПК-6.2, ОПК-6.3, УК-1.2, ПК-5.3
	Эталон ответа: Это разделение объектов на группы, имеющие один или несколько общих признаков. В зависимости от признака классификации одни и те же модели могут быть отнесены к разным классам	

№ KB	Контрольный вопрос	Проверяемые индикаторы компетенции
6	Что описывают точечная и распределённая модели.	ОПК-6.1, ОПК-6.2, ОПК-6.3 УК-1.2 ПК-5.3
	Эталон ответа: В точечных моделях параметры меняются только по одной переменной, например, во времени или по координате. Такие модели имеют вид обыкновенных дифференциальных уравнений; в моделях с распределёнными параметрами параметры меняются по двум и более переменным. Такие модели имеют вид уравнений в частных производных.	

№ KB	Контрольный вопрос	Проверяемые индикаторы компетенции
7	Что такое модельный эксперимент.	ОПК-6.1, ОПК-6.2, ОПК-6.3 УК-1.2 ПК-5.3
	Эталон ответа: разновидность эксперимента, в котором исследованию подвергается уже не сам объект, а замещающая его модель, в тех случаях, когда прямое экспериментальное исследование самого объекта невозможно или затруднено.	

№ KB	Контрольный вопрос	Проверяемые индикаторы компетенции
8	Моделирование в биологии.	ОПК-6.1, ОПК-6.2, ОПК-6.3 УК-1.2 ПК-5.3
	Эталон ответа: Это процесс создания математических, статистических или компьютерных моделей, которые позволяют исследовать и понять сложные биологические процессы и явления. Моделирование в биологии используется для изучения различных аспектов жизни и организации живых систем, от молекулярных взаимодействий до экосистемных связей.	

№ KB	Контрольный вопрос	Проверяемые индикаторы компетенции
9	Что такое точки бифуркации системы.	ОПК-6.1, ОПК-6.2, ОПК-6.3
	Эталон ответа: критическое состояние системы, при котором система становится неустойчивой относительно флуктуаций и возникает неопределённость: станет ли состояние системы хаотическим или она перейдёт на новый, более дифференцированный и высокий уровень упорядоченности.	

№ KB	Контрольный вопрос	Проверяемые индикаторы компетенции
10	Сформулируйте основные сценарии перехода к хаосу.	ОПК-6.1, ОПК-6.2, ОПК-6.3
	Эталон ответа: через каскад удвоений периода, перемежаемость квазипериодические режимы.	

### Тестовые задания

Тестовое задание с эталоном ответа	Эталоны ответов (ключи)	Проверяемые компетенции
<p>1. Выберите один правильный ответ. Какое из определений верно.</p> <p>а) детерминированная математическая модель отражает поведение объекта (системы, процесса) с позиций полной определенности в прошлом</p> <p>б) детерминированная математическая модель отражает поведение объекта (системы, процесса) с позиций полной определенности в прошлом и настоящем</p> <p>с) детерминированная математическая модель отражает поведение объекта (системы, процесса) с позиций полной определенности в настоящем и будущем</p> <p>д) детерминированная математическая модель отражает поведение объекта (системы, процесса) с позиций полной определенности в прошлом</p> <p>е) детерминированная математическая модель отражает поведение</p>	с	ОПК-6.1, ОПК-6.2, ОПК-6.3 УК-1.2 ПК-5.3

объекта (системы, процесса) с позиций полной определенности в настоящем		
<b>2. Выберите несколько правильных ответов.</b> Какие основные элементы можно выделить в простейших автоколебательных системах. а) колебательная система с затуханием б) нелинейный ограничитель в) звено обратной связи г) предельные циклы д) усилитель, содержащий источник энергии и е) преобразователь энергии источника в энергию колебаний	a, b, c, e	ОПК-6.1, ОПК-6.2, ОПК-6.3 УК-1.2
<b>3. Выберите несколько правильных ответов.</b> Как может помочь математическая модель в лечебном процессе. а) идет расчет лекарственных препаратов б) направлены на расшифровку структуры системы, принципов ее функционирования; в) имеют теоретический характер; г) имеют практическую направленность; применяются, например, с целью получения д) конкретных рекомендаций для индивидуального больного или группы однородных больных	b, c	ОПК-6.1, ОПК-6.2, ОПК-6.3 УК-1.2 ПК-5.3
<b>4. Дополните ответ.</b> Имитационная модель – это _____, которая описывает структуру и воспроизводит поведение реальной системы во времени Ответ: _____	компьютерная программа	ОПК-6.1, ОПК-6.2, ОПК-6.3 УК-1.2 ПК-5.3
<b>5. Выберите один правильный ответ.</b> Моделирование - это а) описание живых систем в понятиях вход – выход б) описание живых систем в понятиях состояние – выход в) описание живых систем в понятиях вход – состояние г) описание живых систем в понятиях вход – состояние – выход д) описание живых систем в понятиях вход – состояние – выход – состояние	a	ОПК-6.1, ОПК-6.2, ОПК-6.3 УК-1.2 ПК-5.3
<b>6. Выберите один правильный ответ.</b> Для выявления общих признаков животных, растений и грибов используется метод а) эксперимент б) сравнение в) описание г) запись д) проект	b	ОПК-6.1, ОПК-6.2, ОПК-6.3 ПК-5.3
<b>7. Выберите один правильный ответ.</b> Что позволяет изучить компьютерное моделирование. а) основные направления эволюции б) развитие экосистем и всей биосферы в) развитие проекта г) описание модели и эксперимента д) все перечисленное	e	ОПК-6.2, ОПК-6.3 УК-1.2 ПК-5.3
<b>8. Дополните ответ.</b> Параметрами стационарной модели являются _____ Ответ: _____	дифференциальными уравнениями	ОПК-6.1, ОПК-6.2, ОПК-6.3 УК-1.2 ПК-5.3
<b>9. Выберите один правильный ответ.</b> Принцип Олли учтен в модели а) Ферхюльста, б) популяционного взрыва в) Мальтуса г) Базыкина д) Кермака-Маккедрика	b	ОПК-6.1, ОПК-6.2, ОПК-6.3 УК-1.2
<b>10. Выберите один правильный ответ.</b> Ограниченный рост описывается моделью а) Ферхюльста	a	ОПК-6.1, ОПК-6.2, ОПК-6.3

b) популяционного взрыва c) Мальтуса d) Базыкина e) Кермака-Маккедрика		УК-1.2
---	--	--------

## ОЦЕНОЧНЫЕ МАТЕРИАЛЫ ДЛЯ ПРОМЕЖУТОЧНОЙ АТТЕСТАЦИИ

### Тестовые задания

Тестовое задание с эталоном ответа	Эталонные ответы (ключи)	Проверяемые компетенции
<p><b>1. Выберите несколько правильных ответов.</b> Как может помочь математическая модель в лечебном процессе.</p> <p>a) идет расчет лекарственных препаратов b) направлены на расшифровку структуры системы, принципов ее функционирования; c) имеют теоретический характер; d) имеют практическую направленность; применяются, например, с целью получения e) конкретных рекомендаций для индивидуального больного или группы однородных больных</p>	b, c	ОПК-6.1, ОПК-6.2, ОПК-6.3 УК-1.2 ПК-5.3
<p><b>2. Дополните ответ.</b> Имитационная модель – это _____, которая описывает структуру и воспроизводит поведение реальной системы во времени Ответ: _____</p>	компьютерная программа	ОПК-6.1, ОПК-6.2, ОПК-6.3 УК-1.2 ПК-5.3
<p><b>3. Выберите один правильный ответ.</b> Моделирование - это</p> <p>a) описание живых систем в понятиях вход – выход b) описание живых систем в понятиях состояние – выход c) описание живых систем в понятиях вход – состояние d) описание живых систем в понятиях вход – состояние – выход e) описание живых систем в понятиях вход – состояние – выход – состояние</p>	a	ОПК-6.1, ОПК-6.2, ОПК-6.3 УК-1.2 ПК-5.3
<p><b>4 Выберите один правильный ответ.</b> Для выявления общих признаков животных, растений и грибов используется метод</p> <p>a) эксперимент b) сравнение c) описание d) запись e) проект</p>	b	ОПК-6.1, ОПК-6.2, ОПК-6.3 ПК-5.3
<p><b>5. Выберите один правильный ответ.</b> Что позволяет изучить компьютерное моделирование.</p> <p>a) основные направления эволюции b) развитие экосистем и всей биосферы c) развитие проекта d) описание модели и эксперимента e) все перечисленное</p>	e	ОПК-6.2, ОПК-6.3 УК-1.2 ПК-5.3
<p><b>6. Дополните ответ.</b> Параметрами стационарной модели являются _____ Ответ: _____</p>	дифференциальными уравнениями	ОПК-6.1, ОПК-6.2, ОПК-6.3 УК-1.2 ПК-5.3
<p><b>7. Выберите один правильный ответ.</b> Какое из определений верно.</p> <p>a) детерминированная математическая модель отражает поведение объекта (системы, процесса) с позиций полной определенности в прошлом b) детерминированная математическая модель отражает поведение объекта (системы, процесса) с позиций полной определенности в прошлом и настоящем c) детерминированная математическая модель отражает поведение объекта (системы, процесса) с позиций полной определенности в настоящем и будущем</p>	c	ОПК-6.1, ОПК-6.2, ОПК-6.3 УК-1.2 ПК-5.3

d) детерминированная математическая модель отражает поведение объекта (системы, процесса) с позиций полной определенности в прошлом е) детерминированная математическая модель отражает поведение объекта (системы, процесса) с позиций полной определенности в настоящем		
<b>8. Выберите несколько правильных ответов.</b> Какие основные элементы можно выделить в простейших автоколебательных системах. а) колебательная система с затуханием б) нелинейный ограничитель в) звено обратной связи г) предельные циклы д) усилитель, содержащий источник энергии и е) преобразователь энергии источника в энергию колебаний	a, b, c, e	ОПК-6.1, ОПК-6.2, ОПК-6.3 УК-1.2
<b>9. Выберите один правильный ответ.</b> Принцип Олли учтен в модели а) Ферхюльста, б) популяционного взрыва в) Мальтуса г) Базыкина д) Кермака-Маккедрика	b	ОПК-6.1, ОПК-6.2, ОПК-6.3 УК-1.2
<b>10. Выберите один правильный ответ.</b> Ограниченный рост описывается моделью а) Ферхюльста б) популяционного взрыва в) Мальтуса г) Базыкина д) Кермака-Маккедрика	a	ОПК-6.1, ОПК-6.2, ОПК-6.3 УК-1.2

Пример сценария индивидуального проекта: «Сформулировать научную проблему, связанную с фиксированным типом взаимодействия популяций нескольких биологических видов, составить математическую модель и исследовать её. Возможные типы взаимодействий:

1. Симбиоз
2. Комменсализм
3. Аменсализм
4. Конкуренция
5. Паразитизм
6. Хищничество».

#### **Этапы выполнения индивидуального проекта**

1. Согласование формулировки проблемы
2. Согласование используемого набора данных
3. Согласование выбранного математического аппарата
4. Предварительное обсуждение результатов и внесение корректировок

#### **Требования к содержанию индивидуального проекта**


Оформление проекта должно быть выполнено согласно методическим материалам для обучающихся по выполнению самостоятельной работы, представленных на сайте ИМО [http://education.almazovcentre.ru/wp-content/uploads/2018/09/Methodological-materials-for-independent-work\\_31.05.01.pdf](http://education.almazovcentre.ru/wp-content/uploads/2018/09/Methodological-materials-for-independent-work_31.05.01.pdf).

При оценивании работы, проведенной обучающимся, преподаватель использует следующие критерии:

1. соответствие содержания проекта выбранной теме;



2. глубина проработки материала;
3. правильность и полнота использования источников;
4. четкость изложения содержания работы;
5. умение отвечать на вопросы;
6. соответствие оформления проекта стандартам.

<b>ФГБУ «НМИЦ им. В. А. Алмазова» Минздрава России</b>		
Сертификат	00FD35568D6E44A682C5AE0E82D9AC2C35	
Владелец	Пармон Елена Валерьевна	
Действителен	с 26.06.2024 по 19.09.2025	