

Документ подписан простой электронной подписью	МИНОБРАЗОВАНИЯ РОССИИ	
Информация о владельце:	Федеральное государственное бюджетное образовательное	
ФИО: Таскаев Сергей Валерьевич	учреждение высшего образования	
Должность: Ректор	«Челябинский государственный университет» (ФГБОУ ВО «ЧелГУ»)	
Дата подписания: 04.08.2024 19:38:59	Рабочая программа дисциплины "Математическое моделирование биологических процессов" по направлению	стр. 1
Уникальный программный ключ: 891954b8c2cf7b6350cbe51cdda3096e877a1f3	подготовки (специальности) 06.03.01 "Биология" направленности (профилю) Биология ФГБОУ ВО «ЧелГУ»	

**Рабочая программа дисциплины (модуля)\***  
**Математическое моделирование биологических процессов**

Направление подготовки (специальность)

06.03.01 Биология

Направленность (профиль)

Биология

Присваиваемая квалификация (степень)

бакалавр

Форма обучения

очная

Год(ы) набора 2024

\*Рабочая программа дисциплины (модуля) адаптирована для инклюзивного обучения инвалидов и лиц с ограниченными возможностями здоровья

Челябинск 2024 г.



## Содержание

1. Цели освоения дисциплины
2. Место дисциплины в структуре ОПОП
3. Компетенции обучающегося, формируемые в результате освоения дисциплины (модуля)
4. Объем дисциплины (модуля)
5. Структура и содержание дисциплины (модуля)
6. Фонд оценочных средств
  - 6.1. Перечень видов оценочных средств
  - 6.2. Типовые контрольные задания и иные материалы для текущей аттестации
  - 6.3. Типовые контрольные вопросы и задания для промежуточной аттестации
  - 6.4. Критерии оценивания
7. Учебно-методическое и информационное обеспечение дисциплины (модуля)
  - 7.1. Рекомендуемая литература
  - 7.2. Перечень ресурсов информационно-телекоммуникационной сети "Интернет"
  - 7.3. Перечень информационных технологий
8. Материально-техническое обеспечение дисциплины (модуля)
9. Методические указания для обучающихся по освоению дисциплины (модуля)
10. Специальные условия освоения дисциплины обучающимися с инвалидностью и ограниченными возможностями здоровья



### 1. ЦЕЛИ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

Цель: сформировать представления об основных принципах математического моделирования биологических процессов. Курс математическое моделирование биологических процессов имеет также общеобразовательное и прикладное значение: многие вопросы содержат материал, способствующий формированию правильного представления о современной естественно – научной картине мира.

Задачи:

- Изучение математических моделей в биологии
- Изучение принципов детерминированного и стохастического моделирования
- Оценка неопределенности модели

Результаты обучения по дисциплине направлены на достижение индикаторов:

УК-1.1. Выполняет поиск информации, определяет критерии системного анализа поставленных задач.

УК-1.2. Использует критический анализ, систематизацию и обобщение информации для решения поставленных задач.

ПК-1.3. Составляет научно-техническую документацию.

ПК-1.5. Использует методы работы с современной аппаратурой и вычислительными средствами; методы статистической обработки полученных экспериментальных данных.

ПК-2.2 Использует знания основ строения и функционирования биологических систем различного уровня организации при решении профессиональных задач.

ПК-2.3 Применяет современные методы для решения профессиональных задач при изучении биологических систем разного уровня организации.

### 2. МЕСТО ДИСЦИПЛИНЫ В СТРУКТУРЕ ОПОП

Цикл (раздел) ОПОП:

Б1.В.10.02

#### 2.1 Требования к предварительной подготовке обучающегося:

Курс базируется на знаниях, полученных при изучении предшествующих курсов, таких как «Физика», «Математика и математические методы в биологии», «Информатика, современные информационные технологии», «Общая биология».

Общая биология

Информатика, современные информационные технологии

Физика

Математика и математические методы в биологии

#### 2.2 Дисциплины и практики, для которых освоение данной дисциплины (модуля) необходимо как предшествующее:

Курс «Математическое моделирование биологических процессов» является основой для изучения дисциплины «Биофизика сложных систем» у магистров профиля «Радиационная биология».

Курс изучается на курсе 4 в 7 семестре.

Подготовка к процедуре защиты и защита выпускной квалификационной работы

### 3. КОМПЕТЕНЦИИ ОБУЧАЮЩЕГОСЯ, ФОРМИРУЕМЫЕ В РЕЗУЛЬТАТЕ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ)

**УК-1: Способен осуществлять поиск, критический анализ и синтез информации, применять системный подход для решения поставленных задач**

**Знать:**

Для достижения индикатора УК-1.1: существующие информационные ресурсы.

Для достижения индикатора УК-1.2: принципы метаанализа.

**Уметь:**

Для достижения индикатора УК-1.1: формулировать информационный запрос в поисковых базах данных, составлять библиографические запросы.

Для достижения индикатора УК-1.2: систематизировать и обобщать информацию; обрабатывать достаточные объемы информации, критично относиться к полученным источникам информации, анализировать и выделять наиболее значимые проблемы, аргументировать свои позиции, строить логически обоснованные выводы, вести диалог с оппонентами в рамках дебатов.



**Владеть:**

Для достижения индикатора УК-1.1: навыками работы в электронных базах данных.  
Для достижения индикатора УК-1.2: навыками поиска и обработки специализированной литературы.

**ПК-1: способен применять современные методы обработки, анализа и синтеза полевой, производственной и лабораторной биологической информации, правила составления научно-технических проектов и отчетов**

**Знать:**

Для достижение индикатора ПК-1.3: правила написания и оформления научно-технической документации.  
Для достижение индикатора ПК-1.5: основы информатики и вычислительной техники, а также, математической статистики.

**Уметь:**

Для достижение индикатора ПК-1.3: качественно представлять результаты лабораторных, практических и реферативных работ в форме отчетов, справок, рецензий.  
Для достижение индикатора ПК-1.5: применять современные методы математического моделирования и использовать инструменты, реализующие различные методы.

**Владеть:**

Для достижение индикатора ПК-1.3: навыками написания отчетов, рецензий, справок и обзоров.  
Для достижение индикатора ПК-1.5: пакетом основных офисных программ и статистических программ; современными методами обработки данных, создания моделей.

**ПК-2: Способен применять знания и методы различных отраслей биологической науки для решения профессиональных задач при изучении биологических систем разного уровня организации.**

**Знать:**

Для достижение индикатора ПК-2.2: математический аппарат детерминистического и стохастического моделирования; базовые принципы моделирования верификации и валидации, неопределенности и погрешности; принцип метода Монте-Карло и бутстрап-моделирования.  
Для достижение индикатора ПК-2.3: основные проблемы и задачи решаемые в рамках математического моделирования.

**Уметь:**

Для достижение индикатора ПК-2.2: применять знания на практике.  
Для достижение индикатора ПК-2.3: создавать подгоночные эмпирические и полуэмпирические модели, использовать стохастическое моделирование для оценок неопределенностей, создавать камерные модели.

**Владеть:**

Для достижение индикатора ПК-2.2: навыками компьютерного моделирования.  
Для достижение индикатора ПК-2.3: современными методами создания биофизических моделей.

**В результате освоения дисциплины обучающийся должен**

<b>3.1 Знать:</b>	
3.1.1	- основные проблемы и задачи решаемые в рамках математического моделирования;
3.1.2	- принципы работы в электронных базах данных;
3.1.3	- механизмы накопления концентраций $^{137}\text{Cs}$ в организме гидробионтов студенты;
3.1.4	- математический аппарат детерминистического и стохастического моделирования;
3.1.5	- базовые принципы моделирования верификации и валидации, неопределенности и погрешности принцип
3.1.6	метода Монте-Карло и бутстрап-моделирования.
<b>3.2 Уметь:</b>	
3.2.1	- качественно выполнять контрольные задания, предусмотренные дисциплиной, представлять результаты собственной деятельности в различных формах;
3.2.2	- навыками поиска и обработки специализированной литературы;
3.2.3	- современными методами обработки данных, создания моделей;
3.2.4	- обрабатывать достаточные объемы информации, критично относиться к полученным источникам информации, анализировать и выделять наиболее значимые проблемы, аргументировать свои позиции, строить логически обоснованные выводы, вести диалог с оппонентами в рамках дебатов;



Рабочая программа дисциплины "Математическое моделирование биологических процессов" по направлению подготовки (специальности) 06.03.01 "Биология" направленности (профилю) Биология ФГБОУ ВО «ЧелГУ»	стр. 5
3.2.5	- определять специфику анализа экспериментальных данных;
3.2.6	- использовать аналитических и стохастических методы оценки неопределенности;
3.2.7	- использовать аналитические и стохастические методы оценки неопределенности модельных предсказаний;
3.2.8	- создавать подгоночные эмпирические и полуэмпирические модели.
<b>3.3 Владеть:</b>	
3.3.1	- навыками самообразования, работы с учебной и научной литературой;
3.3.2	- пакетом основных офисных программ и статистических программ.

#### 4. ОБЪЕМ ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ)

Общая трудоемкость	2 ЗЕТ
Часов по учебному плану : 72 в том числе : аудиторные занятия : 32 самостоятельная работа : 36,7 : контактная работа: 37,2 ИКР: 3,3	Виды контроля в семестрах:  зачеты 7

#### 5. СТРУКТУРА И СОДЕРЖАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ)

Код занятия	Наименование разделов и тем /вид занятия/	Семестр / Курс	Часов	Литература
<b>Раздел 1. Введение. Математические модели в биологии</b>				
1.1	Введение. Математические модели в биологии. Понятие модели. Объекты, цели и методы моделирования. Базовые принципы моделирования, понятия переменных и параметров, верификации и валидации, неопределенности и погрешности. Классификация моделей. Детерминистические и стохастические модели. Специфика моделирования живых систем. /Лек/	7	2	Л1.1 Л1.2 Л1.3Л2.1 Э1 Э2 Э3 Э4
1.2	Математическое моделирование радиобиологических эффектов. /Ср/	7	9	Л1.1 Л1.2 Л1.3Л2.1 Э1 Э2 Э3
<b>Раздел 2. Детерминистическое моделирование</b>				
2.1	Детерминистическое моделирование. Теоретические, эмпирические и полуэмпирические модели. Создание подгоночных эмпирических моделей. Методы сглаживания первичных данных. Непрерывные и дискретные модели. Математический аппарат детерминистического моделирования. Модели, описываемые дифференциальными уравнениями. Стационарное состояние (состояние равновесия). Устойчивость состояния равновесия. /Лек/	7	7	Л1.1 Л1.2 Л1.3Л2.1 Э1 Э2 Э3
2.2	Детерминистическое моделирование. Создание подгоночных эмпирических и полуэмпирических моделей. На примере данных о концентрации $^{90}\text{Sr}$ в различных кальцифицированных тканях людей разных возрастов студенты должны изучить специфику анализа экспериментальных данных, обнаружения зависимостей и формализации этих зависимостей наилучшим образом ( в форме практической подготовки). /Лаб/	7	7	Л1.1 Л1.2 Л1.3Л2.1 Э1 Э2 Э3
2.3	Снижение размерностей в многофакторных задачах генетики. /Ср/	7	8	Л1.1 Л1.2 Л1.3Л2.1 Э1 Э2 Э3
<b>Раздел 3. Стохастическое моделирование</b>				



Рабочая программа дисциплины "Математическое моделирование биологических процессов" по направлению подготовки (специальности) 06.03.01 "Биология" направленности (профилю) Биология ФГБОУ ВО «ЧелГУ»				стр. 6
3.1	Стохастическое моделирование. Математический аппарат для стохастического моделирования. Случайные величины. Метод Монте-Карло. Цепи Маркова. Методы самонастройки. Имитационное моделирование и численный эксперимент. Перестановочные методы как инструмент анализа достоверности модельных предсказаний. /Лек/	7	6	Л1.1 Л1.2 Л1.3Л2.1 Э1 Э2 Э3
3.2	Стохастическое моделирование. Нахождение математического ожидания для величин, измеренных ниже предела детектирования. На примере концентраций $^{137}\text{Cs}$ в организме гидробионтов студенты должны освоить техники Монте- Карло и бутстрап-моделирования ( в форме практической подготовки). /Лаб/	7	7	Л1.1 Л1.2 Л1.3Л2.1 Э1 Э2 Э3
3.3	Нейронные сети как метод моделирования. /Ср/	7	10,7	Л1.1 Л1.2 Л1.3Л2.1 Э1 Э2 Э3
<b>Раздел 4. Оценка неопределенности модели</b>				
4.1	Оценка неопределенности модели. Источники неопределенности. Погрешность эмпирических данных и неопределенность подгоночной модели. Неопределенности параметров теоретической модели. Неисключенные систематические ошибки. Верификация как путь снижения неопределенности. Валидация как необходимый этап проверки предсказательных (описательных) возможностей модели. Различия между метрологической погрешностью и неопределенностью модели. Роль индивидуальной вариабельности при моделировании свойств биологических объектов и ее влияние на неопределенность. /Лек/	7	1	Л1.1 Л1.2 Л1.3Л2.1 Э1 Э2 Э3
4.2	Оценка неопределенности модели. Оценка неопределенности модельных предсказаний. Студенты должны освоить использование аналитических и стохастических методов оценки неопределенности модельных предсказаний ( в форме практической подготовки). /Лаб/	7	2	Л1.1 Л1.2 Л1.3Л2.1 Э1 Э2 Э3
4.3	Нерешенные проблемы моделирования в радиобиологии. /Ср/	7	9	Л1.1 Л1.2 Л1.3Л2.1 Э1 Э2 Э3
<b>Раздел 5. Иная контактная работа</b>				
5.1	Индивидуальные консультации, текущий контроль /ИКР/	7	3,3	Л1.1 Л1.2 Л1.3Л2.1

## 6. ФОНД ОЦЕНОЧНЫХ СРЕДСТВ

### 6.1. Перечень видов оценочных средств

Контрольная работа, доклад с презентацией, отчет по лабораторной работе

### 6.2. Типовые контрольные задания и иные материалы для текущей аттестации

Примеры задач контрольной работы

1. Уравнение представляет простейшую модель рыбной ловли. В отсутствие рыбаков популяция рыб растет предположительно согласно логистической кривой. Влияние рыбаков на скорость изменения численности популяции,  $N$ , определяется объемом отлова,  $H > 0$ , не зависящем от исходного количества рыбы  $N$ . Это предполагает, что рыбаки не заботятся об оставшейся рыбе и каждый день ловят одно и то же ее количество,  $H$ . Параметры  $r$  и  $1/K$  отражают естественные процессы обновления популяции (рождаемость и смертность). Нарисовать фазовые портреты для различных величин  $H$ . Обсудить поведение популяции  $H < H_c$  и  $H > H_c$ . Дать биологическую интерпретацию в каждом случае.
2. Рассмотреть модель стимулирования светляков



где и периодически распространяется за пределы указанного промежутка.  
Нарисовать график . Найти интервал стимуляции. В предположении, что жук и стимулятор находятся в фазовом замке, найти формулу для фазовой разности  
3. Простейшая модель конкуренции имеет вид  
где .  
Нарисовать фазовый портрет и дать биологическую интерпретацию.

Примерные темы для докладов с презентацией

1. Фрактальная геометрия в моделировании
2. Нейронные сети
3. Моделирование в радиобиологии

### 6.3. Типовые контрольные вопросы и задания для промежуточной аттестации

Структура отчета по лабораторной работе

Работа № 1-2 Название (построение эмпирической модели накопления  $^{90}\text{Sr}$  в эмали зубов у людей разного возраста на момент поступления радионуклида; построение полуэмпирической модели накопления  $^{90}\text{Sr}$  в дентине зубов у людей разного возраста на момент поступления радионуклида)

Цель: обоснование проведения работы, предмет исследования;

Материалы и методы:

объекты исследования, первичные данные, компьютерные программы

Ход работы:

описывается пошаговый алгоритм работы;

Результаты:

1. Описательная статистика;
2. Выбор способа сглаживания данных аналитическими функциями;
3. Выбор наилучшей сглаживающей функции;
4. Анализ чувствительности;
5. Оценка неопределенности модельных предсказаний

Выводы:

Формулировка модели, описание границ ее применимости и неопределенности предсказаний.

Ответы на дополнительные вопросы (из контрольных вопросов по разделам)

Контрольные вопросы по лабораторной работе

1. Что называется анализом чувствительности
2. В чем заключается метод наименьших квадратов
3. Какой критерий следует использовать для сравнения качества подгонки различных кривых к результатам эксперимента
4. Какие источники неопределенности у результатов моделирования
5. В чем смысл коэффициента детерминации

Работа № 3 Название (Анализ неопределенностей биокинетической модели накопления изотопов  $^{59}\text{Fe}$  в щитовидной железе крысы при однократном пероральном поступлении)

Цель:

обоснование проведения работы, предмет исследования;

Материалы и методы:

объекты исследования, первичные данные, компьютерные программы

Ход работы:

описывается пошаговый алгоритм работы;

Результаты:

1. Преобразование графов в дифференциальные уравнения;
2. Количественное описание параметров модели и определение связанных (зависимых) параметров;
3. Оценка неопределенностей параметров модели и предположение о характере распределений.
4. Решение дифференциальных уравнений со стохастически возмущаемыми методом Монте-Карло параметрами
5. Анализ результата множественной реализации решений и оценка среднего и неопределенности решения.

Выводы:

Формулировка модели, описание границ ее применимости и неопределенности предсказаний.

Ответы на дополнительные вопросы (из контрольных вопросов по разделам)

Контрольные вопросы по лабораторной работе



- a. Что называется графами?
- b. В чем заключается метод Монте Карло?
- c. Как влияют выбранные приближения на точность модельных предсказаний?
- d. Какие источники неопределенности у результатов моделирования?
- e. Какое количество реализаций требует метод Монте Карло, как узнать, достаточно ли испытаний?

#### 6.4. Критерии оценивания

Требования (критериальные показатели) к устному фронтальному поименному опросу

Неудовлетворительно:

Полнота ответа – Студент не знает значительной части программного материала, допускает существенные ошибки, отсутствуют межпредметные связи.

Структурированность – Нет.

Логика изложения – Отсутствует логика в изложении материала.

Ответы на дополнительные вопросы – Нет.

Удовлетворительно:

Полнота ответа – Студент усвоил только основной материал, но не знает отдельных деталей, допускает неточности, не достаточно правильные формулировки, ответ отличается низким уровнем самостоятельности.

Структурированность – Не всегда прослеживается четкость и структурированность.

Логика изложения – Не всегда прослеживается логика изложения материала.

Ответы на дополнительные вопросы – Затрудняется с ответами, ответ отличается низкой самостоятельностью.

Хорошо:

Полнота ответа – Студент твердо знает учебно-программный материал, грамотно и по существу излагает его; ответ отличается меньшей обстоятельностью.

Структурированность – Ответ структурирован, грамотен, обстоятелен.

Логика изложения – Корректно и логически стройно его излагает ответ.

Ответы на дополнительные вопросы – Не затрудняется с ответом при видоизменении задания, не всегда ответы на дополнительные вопросы отличаются полнотой, структурированностью.

Отлично:

Полнота ответа – Студент полно излагает учебный материал на основе лекций и дополнительной литературы, осуществляет межпредметные связи; владеет понятийным аппаратом и уяснил взаимосвязь основных понятий дисциплины и их значение для приобретения профессии.

Структурированность – Ответ структурирован, грамотен, обстоятелен.

Логика изложения – Корректно и логически стройно его излагает ответ.

Ответы на дополнительные вопросы – Не затрудняется с ответом при видоизменении задания, свободно справляется с поставленными задачами, ответы на дополнительные вопросы характеризуются полнотой, структурированностью.

Описание критериев оценивания компетенций для реферата и презентации

Неудовлетворительно:

Полнота ответа – Студент не знает значительной части программного материала, допускает существенные ошибки, отсутствуют межпредметные связи.

Структурированность, логичность – Нет логичности, структурированности.

Наглядность – Нет.

Доступность усвоения материала студентами-сокурсниками – Материал не содержит фактов, материалов, необходимых для формирования компетенций бакалавра- биолога или непонятен.

Ответы на дополнительные вопросы – Нет.

Удовлетворительно:

Полнота ответа – Студент усвоил только основной материал, но не знает отдельных деталей, допускает неточности, не достаточно правильные формулировки, ответ отличается низким уровнем самостоятельности.

Структурированность, логичность – Не всегда прослеживается логичность.

Наглядность – Нет.

Доступность усвоения материала студентами-сокурсниками – Доступен, не представлен в форме, затрудняющей восприятие, не все вопросы освещены.

Ответы на дополнительные вопросы – Затрудняется с ответами, ответ отличается низкой самостоятельностью.



**Хорошо:**

Полнота ответа – Студент твердо знает учебно-программный материал, грамотно и по существу излагает его; ответ отличается меньшей обстоятельностью.

Структурированность, логичность – Корректно и логически стройно его излагает ответ.

Наглядность – Да.

Доступность усвоения материала студентами-сокурсниками – Материал доступен и полезен сокурсникам.

Ответы на дополнительные вопросы – Не затрудняется с ответом при видоизменении задания, не всегда ответы на дополнительные вопросы отличаются полнотой, структурированностью.

**Отлично:**

Полнота ответа – Студент полно излагает учебный материал на основе лекций и дополнительной литературы, осуществляет межпредметные связи; владеет понятийным аппаратом и уяснил взаимосвязь основных понятий дисциплины и их значение для приобретения профессии.

Структурированность, логичность – Корректно и логически стройно его излагает ответ.

Наглядность – Да.

Доступность усвоения материала студентами-сокурсниками – Материал доступен и полезен сокурсникам.

Ответы на дополнительные вопросы – Не затрудняется с ответом при видоизменении задания, свободно справляется с поставленными задачами, ответы на дополнительные вопросы характеризуются полнотой, структурированностью.

Требования (критериальные показатели) к отчетам по лабораторным работам:

**Ход работы:**

Неудовлетворительно - нарушение пошагового алгоритма работы

Удовлетворительно - Выполнение не всегда отличается аккуратностью, частично может нарушаться пошаговый алгоритм, не приведено убедительных обоснований тезисов

Хорошо - Выполнение отличается аккуратностью, точностью, самостоятельностью, критика хорошо обоснована, формулировки заключения и выводов не являются четкими

Отлично - Выполнение отличается аккуратностью, точностью, самостоятельностью, заключение и выводы обоснованы, формулировки четкие и корректные

**Результаты:**

Неудовлетворительно - 1. В ходе лабораторной работы не проанализированы важные аспекты работы. 2. Тезисы одних пунктов противоречат тезисам других пунктов

Удовлетворительно - Принципиальных ошибок нет, но выдвигаемая критика не обоснована и не подтверждается ссылками на литературные источники

Хорошо - Принципиальных ошибок нет, выдвигаемая критика обоснована

Отлично - Принципиальных ошибок нет, выдвигаемая критика обоснована и грамотно оформлена

Теоретическое обоснование полученных результатов:

Неудовлетворительно - 1. нет обоснования

2. неправильное обоснование

Удовлетворительно - 1. Неполное обоснование

2. Пропущены ошибки, имеющие принципиальную значимость

Хорошо - Правильное обоснование

Отлично - Правильное обоснование с использованием авторитетных литературных источников, практических примеров

Ответы на дополнительные вопросы:

Неудовлетворительно - нет

Удовлетворительно - Нет, или неполный ответ

Хорошо - не всегда ответы на дополнительные вопросы отличаются полнотой, структурированностью

Отлично - не затрудняется с ответом при видоизменении задания, ответы на дополнительные вопросы характеризуются полнотой, структурированностью.

Требования (критериальные показатели) к уровню освоения дисциплины

При подведении итогов учитываются результаты текущей аттестации.

Особенности проведения процедуры оценивания результатов обучения инвалидов и лиц с ограниченными



возможностями здоровья обозначены в рабочей программе дисциплины (модуля).

- «1 уровень» - ознакомление (иметь общее представление, узнавать);
- «2 уровень» - понимание учебного материала, излагаемого в учебнике, методической разработке или преподавателем;
- «3 уровень» - умение логично, последовательно, достаточно полно и точно излагать изученный материал;
- «4 уровень» - творчески использовать полученные знания.

Для удовлетворительной (положительной) оценки знаний требуется минимум 3-й уровень усвоения учебного материала.

«Зачтено» - студент глубоко и полно владеет содержанием учебного материала и понятийным аппаратом; умеет связывать теорию с практикой, иллюстрировать примерами, фактами, данными научных исследований; осуществляет межпредметные связи, предложения. Делает выводы; логично, четко. Ясно и кратко излагает ответы на поставленные вопросы; умеет обосновывать свои суждения и профессионально-личностную позицию по излагаемому вопросу. Ответ носит самостоятельный характер. Допущенные ошибки исправляются студентом после дополнительных вопросов экзаменатора. Учитывается участие в дискуссиях на практических и семинарских занятиях, уровень ответов на контрольные вопросы, написания тестовых заданий и защита докладов.

«Не зачтено» - студент обнаруживает знание и понимание основных положений учебного материала, но излагает его неполно, непоследовательно, допускает неточности и существенные ошибки в определении понятий, формулировке положений, не привлекает для аргументации ответа основные положения исследовательских, концептуальных и нормативных документов, не умеет обосновать свои суждения; наблюдается нарушение логики изложения. Ответ отличается низким уровнем самостоятельности, не содержит собственной профессионально-личностной позиции.

Или, студент имеет разрозненные, бессистемные знания: не умеет выделять главное и второстепенное; допускает ошибки в определении понятий, формулировке теоретических положений, искажающие их смысл; не ориентируется в нормативно-концептуальных, программно-методических, исследовательских материалах, беспорядочно и неуверенно излагает материал; не умеет соединять теоретические положения с педагогической практикой; не умеет применять знания для обоснования и объяснения фактов, не устанавливает межпредметные связи. Учитывается участие в дискуссиях на практических и семинарских занятиях, уровень ответов на контрольные вопросы и написания тестовых заданий.

## 7. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ И ИНФОРМАЦИОННОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ)

### 7.1. Рекомендуемая литература

#### 7.1.1. Основная литература

	Авторы, составители	Заглавие	Издательство, год	Ресурс
Л1.1	Самойлов В. О.	Медицинская биофизика: учебник для вузов	Санкт-Петербург: СпецЛит, 2013	
Л1.2	Нохрин Д. Ю.	Лабораторный практикум по биостатистике ( <a href="http://library.csu.ru/rbooks2/view2?code=local/007787/nohrindy">http://library.csu.ru/rbooks2/view2?code=local/007787/nohrindy</a> )	Челябинск : Издательство Челябинского государственного университета, 2018	ЭБС
Л1.3	Ризниченко Г. Ю.	Математическое моделирование биологических процессов. Модели в биофизике и экологии: учебное пособие для вузов ( <a href="https://urait.ru/bcode/512499">https://urait.ru/bcode/512499</a> )	Москва : Юрайт, 2023	ЭБС

#### 7.1.2. Дополнительная литература

	Авторы, составители	Заглавие	Издательство, год	Ресурс
Л2.1	Мастецкий С. Э., Шитиков В. К.	Статистический анализ и визуализация данных с помощью R ( <a href="http://e.lanbook.com/books/element.php?pl1_id=73072">http://e.lanbook.com/books/element.php?pl1_id=73072</a> )	Москва : ДМК Пресс, 2015	ЭБС

### 7.2. Перечень ресурсов информационно-телекоммуникационной сети "Интернет"

Э1	Ресурс по биофизике: взгляд физиков на все живое <a href="http://www.biophys.ru/">http://www.biophys.ru/</a>
Э2	Лекции по биофизике <a href="http://www.all-fizika.com/article/index.php?id_article=343">http://www.all-fizika.com/article/index.php?id_article=343</a>
Э3	Общество биофизиков <a href="http://www.biophysics.org/">http://www.biophysics.org/</a>



Э4 Ризниченко Г.Ю. Лекции по математическим моделям в биологии [https://vk.com/doc80102671\\_440500239?hash=wn0wTfNUocZ5TR7s6wgOnyWwAtJG5uwzSmRX0tIILmP](https://vk.com/doc80102671_440500239?hash=wn0wTfNUocZ5TR7s6wgOnyWwAtJG5uwzSmRX0tIILmP)

Э5 Шитиков В.К., Розенберг Г.С. Рандомизация и бутстреп: статистический анализ в биологии и экологии с использованием R <http://www.ievbras.ru/ecostat/Kiril/Article/A32/Starb.pdf>

### 7.3 Перечень информационных технологий

#### 7.3.1 Программное обеспечение

MS Office365

LMS Moodle

Adobe Reader

Python

R

#### 7.3.2 Профессиональные базы данных и информационно-справочные системы

1. Президентская библиотека (<https://www.prlib.ru/>) Президентская библиотека : электронная национальная библиотека : сайт / ФГБУ Президентская библиотека имени Б. Н. Ельцина. – СанктПетербург, 2009 – . – URL: <https://www.prlib.ru/>. – Текст : электронный.

2. Web of Science (<https://apps.webofknowledge.com>) Web of Science : мультидисциплинарная реферативная база данных / компания Thomson Reuters. – Режим доступа: для зарегистрир. пользователей ЧелГУ. – Текст : электронный.

## 8. МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ)

«Для реализации дисциплины используются учебные аудитории для проведения занятий лекционного типа, занятий семинарского типа, групповых и индивидуальных консультаций, текущего контроля и промежуточной аттестации, а также помещения для самостоятельной работы.

Аудиторные занятия по дисциплине проводятся в учебных аудиториях следующих типов:

- Лекционные аудитории рассчитанные на не менее 15 мест с мультимедиа сопровождением: проектор, проекционный экран, компьютер, доска.

Для проведения занятий лекционного типа предлагаются наборы демонстрационного оборудования и учебно-наглядных пособий, в виде слайд-презентации:

1 Введение

2 Математические модели в биологии

3 Детерминистическое моделирование

4 Стохастическое моделирование

5 Оценка неопределенности модели

6 Нерешенные проблемы моделирования в радиобиологии

-Учебные лаборатории укомплектованы специализированной мебелью и техническими средствами обучения: учебные столы со стульями рассчитанные на не менее 15 человек, проектор, проекционный экран и компьютер для демонстрации презентаций, микроскопы, лабораторный инвентарь, химические реактивы.

Для проведения занятий в форме практической подготовки используются учебные лаборатории ФГБОУ ВО «ЧелГУ», оснащенные специальным оборудованием, либо помещения и оборудование профильных организаций на основании заключенных долгосрочных договоров о практической подготовке обучающихся при реализации учебных предметов, курсов, дисциплин (модулей).

Помещения для самостоятельной работы обучающихся оснащены компьютерной техникой с подключением к сети "Интернет" и обеспечением доступа в электронную информационно-образовательную среду университета»



## 9. МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ ДЛЯ ОБУЧАЮЩИХСЯ ПО ОСВОЕНИЮ ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ)

Для наиболее эффективного достижения результата изучения дисциплины «Математическое моделирование биологических процессов» студент должен не только исправно посещать лекции, но и усваивать лекционный материал, а также информацию, получаемую на лабораторных занятиях. Кроме того, студент должен принимать активное участие в обсуждении сообщений, выносимых на семинары.

При возникновении вопросов, возникающих в процессе освоения нового материала, студент обязательно должен обращаться за их разъяснением к преподавателю.

Самостоятельная работа направлена на закрепление и углубление знаний, полученных на аудиторных занятиях, а также на изучение дополнительной литературы (пособий, журналов, публикаций и т.д.).

Самостоятельная работа студентов включает в себя самостоятельное изучение тем и вопросов, не вошедших в лекционный курс, но необходимых для усвоения дисциплины. Для успешной работы студент использует список литературы, рекомендуемый преподавателем, а также может самостоятельно получать дополнительную информацию, изучая журнальные статьи и пользуясь возможностями интернета.

Лабораторные занятия реализуются в форме практической подготовки.

При обучении лиц с ограниченными возможностями здоровья электронное обучение, дистанционные образовательные технологии предусматривают возможность приема-передачи информации в доступных для них формах.

Реализация дисциплины с применением электронного обучения, дистанционных образовательных технологий (далее – ЭО, ДОТ) осуществляется на основании «Положения о реализации основных и дополнительных образовательных программ с применением электронного обучения и дистанционных образовательных технологий в федеральном государственном бюджетном образовательном учреждении высшего образования «Челябинский государственный университет», «Положения о порядке зачета обучающимися по основным профессиональным образовательным программам высшего образования в ФГБОУ ВО «ЧелГУ» результатов освоения в организациях, осуществляющих образовательную деятельность, учебных предметов, курсов, дисциплин (модулей), практик, дополнительных образовательных программ» посредством электронной информационно-образовательной среды

ФГБОУ ВО «ЧелГУ». В исключительных случаях (форс-мажор и т.п.) при реализации образовательной деятельности с применением ЭО, ДОТ могут применять компоненты, не входящие в перечень электронной информационно-образовательной среды.

## 10. СПЕЦИАЛЬНЫЕ УСЛОВИЯ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ ОБУЧАЮЩИМИСЯ С ИНВАЛИДНОСТЬЮ И ОГРАНИЧЕННЫМИ ВОЗМОЖНОСТЯМИ ЗДОРОВЬЯ

Освоение дисциплины инвалидами и лицами с ограниченными возможностями здоровья осуществляется с использованием специальных технических средств и голо информационных технологий, предоставляемых Ресурсным учебно-методическим центром по обучению инвалидов и лиц с ограниченными возможностями здоровья ЧелГУ по запросу обучающегося.

1. Мобильные специальные технические средства для лиц с нарушениями зрения: портативный компьютер с вводом/выводом шрифтом Брайля с синтезатором речи «EIBraile-W14J G2»; ноутбуки с программной экранной доступности NVDA; электронные увеличители для удаленного просмотра; видеоувеличители портативные; тифлоплеер; цифровые диктофоны.

2. Мобильные специальные технические средства для лиц с нарушениями слуха: система свободного звукового поля со встроенной совместимостью с FM-устройствами; радиоклассы «Сонет-PCM» с передатчиком, заушным индуктором и индукционной петлей; система информационная для слабослышащих переносная «Исток» А2 со встроенным плеером – звуковым информатором; документ-камера; программируемые слуховые аппараты индивидуального пользования.

3. Ассистивные информационные технологии: программное обеспечение экранной доступности с синтезом речи NVDA; программы экранного увеличения; программы речевого синтеза для компьютеров и ноутбуков; программы речевого синтеза для мобильных устройств; экранная клавиатура; экранная лупа.

При необходимости для обучающихся с нарушениями зрения на рабочих местах для проведения практических или лабораторных занятий устанавливается специальное программное обеспечение (программа речевой навигации NVDA, речевые синтезаторы, экранные лупы).

В учебные аудитории обеспечивается беспрепятственный доступ для обучающихся инвалидов и обучающихся с ограниченными возможностями здоровья. В каждой аудитории, где обучаются инвалиды и лица с ограниченными возможностями здоровья, предусматривается соответствующее количество мест для обучающихся с учетом нарушений их здоровья.

Для освоения дисциплины инвалидам и лицам с ограниченными возможностями здоровья предоставляется доступ к



печатным источникам, имеющимся в научной библиотеке ЧелГУ, с помощью специальных технических средств; доступ к электронным источникам, представленным в форме электронного документа в фонде научной библиотеки ЧелГУ или электронно-библиотечных системах, с помощью специальных технических и программных средств (рабочее место для незрячего пользователя с программным обеспечением экранного доступа с синтезом речи NVDA, рабочее место с компьютерным роллером и клавиатурой Clevy с большими кнопками и с разделяющей клавиши накладкой).

Учебно-методические материалы для обучающихся из числа инвалидов и лиц с ограниченными возможностями здоровья предоставляются в формах, адаптированных к ограничениям их здоровья и восприятия информации:

Для лиц с нарушениями зрения:

- в печатной форме увеличенным шрифтом,
- в форме электронного документа,
- в форме аудиофайла,
- в печатной форме шрифтом Брайля.

Для лиц с нарушениями слуха:

- в печатной форме,
- в форме электронного документа.

Для лиц с нарушениями опорно-двигательного аппарата:

- в печатной форме,
- в форме электронного документа,
- в форме аудиофайла.

Данный перечень может быть конкретизирован в зависимости от контингента обучающихся.

Для инвалидов и лиц с ограниченными возможностями здоровья освоение дисциплины может быть частично или полностью осуществлено с использованием дистанционных образовательных технологий (Moodle, Adobe Connect Pro и пр.).

В освоении дисциплины инвалидами и лицами с ограниченными возможностями здоровья используется индивидуальная работа. Под индивидуальной работой подразумевается две формы взаимодействия с преподавателем: индивидуальная учебная работа (консультации), т.е. дополнительное разъяснение учебного материала и углубленное изучение материала с теми обучающимися, которые в этом заинтересованы, и индивидуальная воспитательная работа. Индивидуальные консультации направлены на индивидуализацию обучения и установлению воспитательного контакта между преподавателем и обучающимся инвалидом или обучающимся с ограниченными возможностями здоровья.

При проведении процедуры оценивания результатов обучения инвалидов и лиц с ограниченными возможностями здоровья по дисциплине обеспечивается выполнение следующих дополнительных требований в зависимости от индивидуальных особенностей, обучающихся:

- а) инструкция по порядку проведения процедуры оценивания предоставляется в доступной форме (устно, в письменной форме, в письменной форме шрифтом Брайля, устно с использованием услуг сурдопереводчика);
- б) доступная форма предоставления заданий оценочных средств (в печатной форме, в печатной форме увеличенным шрифтом, в печатной форме шрифтом Брайля, в форме электронного документа, задания зачитываются ассистентом, задания предоставляются с использованием сурдоперевода);
- в) доступная форма предоставления ответов на задания (письменно на бумаге, набор ответов на компьютере, письменно шрифтом Брайля, с использованием услуг ассистента, устно).

При проведении процедуры оценивания результатов обучения инвалидов и лиц с ограниченными возможностями здоровья предусматривается использование технических средств, необходимых им в связи с их индивидуальными особенностями. Эти средства могут быть предоставлены ЧелГУ или могут использоваться собственные технические средства. При необходимости инвалидам и лицам с ограниченными возможностями здоровья предоставляется дополнительное время для подготовки ответа на задания, процедура оценивания результатов обучения по дисциплине может проводиться в несколько этапов.

Проведение процедуры оценивания результатов обучения инвалидов и лиц с ограниченными возможностями здоровья допускается с использованием дистанционных образовательных технологий.

**06.03.01 Биология, ОПОП Биология, РПД Математическое моделирование биологических процессов, год набора 2024, форма обучения очная**

Проректор по учебной работе утверждено 04.03.2024 А.А. Саламатов

Ученым советом биологического факультета

Протокол заседания № 7 от 04.03.2024

Председатель Ученого совета

биологического факультета

согласовано

Д.С. Сташкевич

**Заседанием кафедры радиационной биологии**

Протокол заседания № 8 от 01.03.2024

Заведующий кафедрой

согласовано

А.В. Аклеев

Автор (составитель)

Е.А. Шишкина

**Структура рабочей программы соответствует приказу ректора ФГБОУ ВО «ЧелГУ» от «13» апреля 2021 г. № 247-1**