

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ  
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ  
ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ  
ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ  
«КАРАЧАЕВО-ЧЕРКЕССКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ  
УНИВЕРСИТЕТ ИМЕНИ У.Д. АЛИЕВА»

Естественно-географический факультет

Кафедра биологии и химии

УТВЕРЖДАЮ  
И. о. проректора по УР  
М. Х. Чанкаев  
«29» мая 2024 г., протокол № 8

Рабочая программа дисциплины

**МАТЕМАТИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ  
БИОЛОГИЧЕСКИХ ПРОЦЕССОВ**

*(наименование дисциплины (модуля))*

Направление подготовки

**06.04.01 Биология**

*(шифр, название направления)*

направленность (профиль) программы

**Общая биология**

Квалификация выпускника

**Магистр**

Форма обучения

**Очная**

Год начала подготовки – 2024

Карачаевск, 2024

Составитель: канд. биол. н. доцент Бостанова Ф.С.

Рабочая программа дисциплины составлена в соответствии с Федеральным государственным образовательным стандартом высшего образования по направлению подготовки 06.04.01 Биология, утвержденного приказом Министерства образования и науки Российской Федерации от 11.08.2020 № 934, образовательной программой высшего образования по направлению подготовки 06.04.01 Биология, профиль программы – Общая биология; локальными актами КЧГУ.

Рабочая программа рассмотрена и утверждена на заседании кафедры биологии и химии на 2024-2025 учебный год, протокол № 10 от 20 мая 2024 г.

## Оглавление

1. Наименование дисциплины (модуля).....	4
2. Место дисциплины (модуля) в структуре образовательной программы .....	4
3. Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине (модулю), соотнесенных с планируемыми результатами освоения образовательной программы.....	4
4. Объем дисциплины (модуля) в зачетных единицах с указанием количества академических часов, выделенных на контактную работу с преподавателем (по видам учебных занятий) и на самостоятельную работу обучающихся.....	5
5. Содержание дисциплины (модуля), структурированное по темам (разделам) с указанием отведенного на них количества академических часов и видов учебных занятий.....	5
5.1. Разделы дисциплины и трудоемкость по видам учебных занятий (в академических часах) ...	5
6. Образовательные технологии .....	6
7. Фонд оценочных средств для проведения текущего контроля и промежуточной аттестации обучающихся по дисциплине (модулю).....	8
7.1. Индикаторы оценивания сформированности компетенций.....	8
7.2. Перевод балльно-рейтинговых показателей оценки качества подготовки обучающихся в отметки традиционной системы оценивания. ....	9
7.3. Типовые контрольные задания или иные учебно-методические материалы, необходимые для оценивания степени сформированности компетенций в процессе освоения учебной дисциплины .....	9
7.3.1. Типовые темы к письменным работам, докладам и выступлениям: .....	9
7.3.2. Примерные вопросы к промежуточной аттестации (экзамен).....	10
8. Перечень основной и дополнительной учебной литературы, необходимой для освоения дисциплины. Информационное обеспечение образовательного процесса.....	11
8.1. Основная литература: .....	11
8.2. Дополнительная литература:.....	11
9. Требования к условиям реализации рабочей программы дисциплины (модуля) .....	11
9.1. Общесистемные требования .....	11
9.2. Материально-техническое и учебно-методическое обеспечение дисциплины .....	12
9.3. Необходимый комплект лицензионного программного обеспечения .....	12
9.4. Современные профессиональные базы данных и информационные справочные системы ...	12
10. Особенности реализации дисциплины для инвалидов и лиц с ограниченными возможностями здоровья.....	13
11. Лист регистрации изменений .....	14

### 1. Наименование дисциплины (модуля)

#### Математическое моделирование биологических процессов

**Целью** изучения дисциплины является: формирование знаний в области математического моделирования, использование компьютерных технологий для моделирования биологических систем и биологических процессов.

Для достижения цели ставятся **задачи**:

изучить необходимый понятийный аппарат дисциплины, освоить методы, применяемые для построения основных биологических моделей, и рассмотреть базовые концепции и основы математического моделирования биологических процессов;

основные принципы моделирования биологических процессов: моделирование основных метаболических процессов (фотосинтез, обмен веществ и т.д.).

### 2. Место дисциплины (модуля) в структуре образовательной программы

Дисциплина «Математическое моделирование биологических процессов» (Б1.О.05) относится к блоку - «Блок 1. Дисциплины (модули)», «Обязательные дисциплины».

Дисциплина (модуль) изучается на 1 курсе в 2 семестре.

<b>МЕСТО ДИСЦИПЛИНЫ В СТРУКТУРЕ ОП ВО</b>	
Индекс	Б1.О.05
<b>Требования к предварительной подготовке обучающегося:</b>	
Для успешного освоения дисциплины магистрант должен иметь базовую подготовку по элементарной математике в объёме программы бакалавриата, а также изучить дисциплины учебного плана «Компьютерные технологии в биологии».	
<b>Дисциплины и практики, для которых освоение данной дисциплины (модуля) необходимо как предшествующее:</b>	
Изучение дисциплины «Математическое моделирование биологических процессов» необходимо для успешного освоения дисциплин профессионального цикла, а также обработки материала собранного во время прохождения учебно-производственных практик.	

### 3. Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине (модулю), соотнесенных с планируемыми результатами освоения образовательной программы

Код компетенций	Содержание компетенции в соответствии с ФГОС ВО, ОП ВО	Индикаторы достижения компетенций
<b>ОПК-6</b>	Способен творчески применять и модифицировать современные компьютерные технологии, работать с профессиональными базами данных, профессионально оформлять и представлять результаты новых разработок	ОПК-6.1. Имеет представление о современных компьютерных технологиях в биологических науках и образовании. ОПК-6.2. Умеет в полном объёме работать с профессиональными базами и банками данных в избранной области профессиональной деятельности. ОПК-6.3. Владеет в полном объёме навыками использования технических и коммуникационных средств, практическим опытом поиска, сбора, хранения, обработки, предоставления и распространения информации.
<b>ОПК-8</b>	Способен использовать современную исследовательскую аппаратуру и вычислительную технику для решения инновационных задач в	ОПК-8.1. Знает типы современной аппаратуры для полевых и лабораторных исследований в области профессиональной деятельности. ОПК-8.2. Умеет использовать современную аппаратуру для полевых и лабораторных исследований в области профессиональной деятельности. ОПК-8.3. Владеет навыками использования современной

	профессиональной деятельности	аппаратуры, вычислительной техники и программного обеспечения в исследовательской деятельности.
--	-------------------------------	---

**4. Объем дисциплины (модуля) в зачетных единицах с указанием количества академических часов, выделенных на контактную работу с преподавателем (по видам учебных занятий) и на самостоятельную работу обучающихся**

Общая трудоемкость (объем) дисциплины (модуля) составляет 3 з.е., 108 академических часов.

Объём дисциплины	Всего часов
	для очной формы обучения
<b>Общая трудоемкость дисциплины</b>	108
<b>Контактная работа обучающихся с преподавателем (по видам учебных занятий) (всего)</b>	
<b>Аудиторная работа (всего):</b>	32
в том числе:	
лекции	16
семинары, практические занятия	16
практикумы	
лабораторные работы	
<b>Внеаудиторная работа:</b>	
Внеаудиторная работа также включает индивидуальную работу обучающихся с преподавателем, групповые, индивидуальные консультации и иные виды учебной деятельности, предусматривающие групповую или индивидуальную работу обучающихся с преподавателем), творческую работу (эссе), рефераты, контрольные работы и др.	
<b>Самостоятельная работа обучающихся (всего)</b>	76
<b>Контроль самостоятельной работы</b>	
<b>Вид промежуточной аттестации обучающегося (зачет / экзамен)</b>	экзамен

**5. Содержание дисциплины (модуля), структурированное по темам (разделам) с указанием отведенного на них количества академических часов и видов учебных занятий**

**5.1. Разделы дисциплины и трудоемкость по видам учебных занятий (в академических часах)**

№ п/п	Курс/ семестр	Раздел, тема дисциплины	Общая трудоемкость (в часах)	Виды учебных занятий, включая самостоятельную работу обучающихся и трудоемкость (в часах)			
				всего	Аудиторные уч. занятия		
			Лек		Пр	Лаб	
<b>РАЗДЕЛ.1. ВВЕДЕНИЕ</b>			<b>12</b>	<b>2</b>	<b>2</b>		<b>8</b>
1.	1/2	Введение. Математические модели в биологии. Классификация математических моделей в	12	2	2		8

		биологии				
<b>РАЗДЕЛ.2. МАТЕМАТИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ БИОЛОГИЧЕСКИХ ПРОЦЕССОВ</b>			<b>96</b>	<b>14</b>	<b>14</b>	<b>68</b>
2.	1/2	Модели описываемые одним дифференциальным уравнением первого порядка.	14	2	2	10
3.	1/2	Мультистационарные системы. Генетический триггер Жакоба и Моно.	14	2	2	10
4.	1/2	Моделирование микробных популяций	14	2	2	10
5.	1/2	Модель воздействия слабого электрического поля на нелинейную систему трансмембранного переноса ионов	14	2	2	10
6.	1/2	Распределенные биологические системы. Модели раскраски шкур животных.	12	2	2	8
7.	1/2	Модели распространения нервного импульса.	14	2	2	10
8.	1/2	Модели фотосинтетических процессов	14	2	2	10
		<b>Всего</b>	<b>108</b>	<b>16</b>	<b>16</b>	<b>76</b>

## 6. Образовательные технологии

**Лекционные занятия.** Лекция является основной формой учебной работы в вузе, она является наиболее важным средством теоретической подготовки обучающихся. На лекциях рекомендуется деятельность обучающегося в форме активного слушания, т.е. предполагается возможность задавать вопросы на уточнение понимания темы и рекомендуется конспектирование основных положений лекции. Основная дидактическая цель лекции - обеспечение ориентировочной основы для дальнейшего усвоения учебного материала. Лекторами активно используются: лекция-диалог, лекция - визуализация, лекция - презентация. Лекция - беседа, или «диалог с аудиторией», представляет собой непосредственный контакт преподавателя с аудиторией. Ее преимущество состоит в том, что она позволяет привлекать внимание слушателей к наиболее важным вопросам темы, определять содержание и темп изложения учебного материала с учетом особенностей аудитории. Участие обучающихся в лекции – беседе обеспечивается вопросами к аудитории, которые могут быть как элементарными, так и проблемными.

Главной задачей каждой лекции является раскрытие сущности темы и анализ ее основных положений. Рекомендуется на первой лекции довести до внимания студентов структуру дисциплины и его разделы, а в дальнейшем указывать начало каждого раздела (модуля), суть и его задачи, а, закончив изложение, подводить итог по этому разделу, чтобы связать его со следующим. Содержание лекций определяется настоящей рабочей программой дисциплины. Для эффективного проведения лекционного занятия рекомендуется соблюдать последовательность ее основных этапов:

1. формулировку темы лекции;
2. указание основных изучаемых разделов или вопросов и предполагаемых затрат времени на их изложение;
3. изложение вводной части;
4. изложение основной части лекции;
5. краткие выводы по каждому из вопросов;
6. заключение;
7. рекомендации литературных источников по излагаемым вопросам.

**Лабораторные работы и практические занятия.** Дисциплины, по которым планируются лабораторные работы и практические занятия, определяются учебными планами. Лабораторные работы и практические занятия относятся к основным видам учебных занятий и составляют важную часть теоретической и профессиональной практической подготовки. Выполнение студентом лабораторных работ и практических занятий направлено на:

- обобщение, систематизацию, углубление, закрепление полученных теоретических знаний по конкретным темам дисциплин математического и общего естественно-научного, общепрофессионального и профессионального циклов;

- формирование умений применять полученные знания на практике, реализацию единства интеллектуальной и практической деятельности;

- развитие интеллектуальных умений у будущих специалистов: аналитических, проектировочных, конструктивных и др.;

- выработку при решении поставленных задач таких профессионально значимых качеств, как самостоятельность, ответственность, точность, творческая инициатива. Методические рекомендации разработаны с целью единого подхода к организации и проведению лабораторных и практических занятий.

Практическое занятие — это форма организации учебного процесса, направленная на выработку у студентов практических умений для изучения последующих дисциплин (модулей) и для решения профессиональных задач. Практическое занятие должно проводиться в учебных кабинетах или специально оборудованных помещениях. Необходимыми структурными элементами практического занятия, помимо самостоятельной деятельности студентов, являются анализ и оценка выполненных работ и степени овладения студентами запланированными умениями. Дидактические цели практических занятий: формирование умений (аналитических, проектировочных, конструктивных), необходимых для изучения последующих дисциплин (модулей) и для будущей профессиональной деятельности.

В процессе подготовки к практическим занятиям, обучающимся необходимо обратить особое внимание на самостоятельное изучение рекомендованной учебно-методической (а также научной и популярной) литературы. Самостоятельная работа с учебниками, учебными пособиями, научной, справочной и популярной литературой, материалами периодических изданий и Интернета, статистическими данными является наиболее эффективным методом получения знаний, позволяет значительно активизировать процесс овладения информацией, способствует более глубокому усвоению изучаемого материала, формирует у обучающихся свое отношение к конкретной проблеме. Более глубокому раскрытию вопросов способствует знакомство с дополнительной литературой, рекомендованной преподавателем по каждой теме семинарского или практического занятия, что позволяет обучающимся проявить свою индивидуальность в рамках выступления на данных занятиях, выявить широкий спектр мнений по изучаемой проблеме.

**Образовательные технологии.** При проведении учебных занятий по дисциплине используются традиционные и инновационные, в том числе информационные образовательные технологии, включая при необходимости применение активных и интерактивных методов обучения.

Традиционные образовательные технологии реализуются, преимущественно, в процессе лекционных и практических (семинарских, лабораторных) занятий. Инновационные образовательные технологии используются в процессе аудиторных занятий и самостоятельной работы студентов в виде применения активных и интерактивных методов обучения. Информационные образовательные технологии реализуются в процессе использования электронно-библиотечных систем, электронных образовательных ресурсов и элементов электронного обучения в электронной

информационно-образовательной среде для активизации учебного процесса и самостоятельной работы студентов.

Практические занятия могут проводиться в форме групповой дискуссии, «мозговой атаки», разборка кейсов, решения практических задач, публичная презентация проекта и др. Прежде, чем дать группе информацию, важно подготовить участников, активизировать их ментальные процессы, включить их внимание, развивать кооперацию и сотрудничество при принятии решений.

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

### 7.1. Индикаторы оценивания сформированности компетенций

Компетенции	Зачтено			Не зачтено
	Высокий уровень (отлично) (86-100% баллов)	Средний уровень (хорошо) (71-85% баллов)	Низкий уровень (удовлетворительно) (56-70% баллов)	Ниже порогового уровня (неудовлетворительно) (до 55 % баллов)
ОПК-6. Способен творчески применять и модифицировать современные компьютерные технологии, работать с профессиональным и базами данных, профессионально оформлять результаты новых разработок	ОПК-6.1. В полном объеме имеет представление об современных компьютерных технологиях в биологических науках и образовании..	ОПК-6.1. Имеет представление об современных компьютерных технологиях в биологических науках и образовании.	ОПК-6.1. В целом, имеет представление об современных компьютерных технологиях в биологических науках и образовании.	ОПК-6.1. Не имеет представление об современных компьютерных технологиях в биологических науках и образовании.
	ОПК-6.2. Умеет в полном объеме работать с профессиональным и базами и банками данных в избранной области профессиональной деятельности.	ОПК-6.2. Умеет работать с профессиональным и базами и банками данных в избранной области профессиональной деятельности.	ОПК-6.2. В целом, умеет работать с профессиональным и базами и банками данных в избранной области профессиональной деятельности.	ОПК-6.2. Не умеет работать с профессиональными базами и банками данных в избранной области профессиональной деятельности.
	ОПК-6.3. Владеет в полном объеме навыками использования технических и коммуникационных средств, практическим опытом поиска, сбора, хранения, обработки, предоставления и распространения информации.	ОПК-6.3. Владеет навыками использования технических и коммуникационных средств, практическим опытом поиска, сбора, хранения, обработки, предоставления и распространения информации.	ОПК-6.3. В целом, владеет навыками использования технических и коммуникационных средств, практическим опытом поиска, сбора, хранения, обработки, предоставления и распространения информации.	ОПК-6.3. Не владеет навыками использования технических и коммуникационных средств, практическим опытом поиска, сбора, хранения, обработки, предоставления и распространения информации.
ОПК-8. Способен использовать современную исследовательскую аппаратуру и вычислительную технику для решения	ОПК-8.1. Знает в полном объеме типы современной аппаратуры для полевых и лабораторных исследований в области	ОПК-8.1. Знает типы современной аппаратуры для полевых и лабораторных исследований в области профессиональной	ОПК-8.1. В целом, знает типы современной аппаратуры для полевых и лабораторных исследований в области	ОПК-8.1. Не знает типы современной аппаратуры для полевых и лабораторных исследований в области профессиональной

инновационных задач в профессиональной деятельности	профессиональной деятельности	деятельности	профессиональной деятельности	деятельности
	ОПК-8.2. Умеет использовать, в полном объеме, современную аппаратуру для полевых и лабораторных исследований в области профессиональной деятельности.	ОПК-8.2. Умеет использовать современную аппаратуру для полевых и лабораторных исследований в области профессиональной деятельности.	ОПК-8.2. В целом, умеет использовать современную аппаратуру для полевых и лабораторных исследований в области профессиональной деятельности.	ОПК-8.2. Не умеет использовать современную аппаратуру для полевых и лабораторных исследований в области профессиональной деятельности
	ОПК-8.3. Владеет в полном объеме, навыками использования современной аппаратуры, вычислительной техники и программного обеспечения в исследовательской деятельности	ОПК-8.3. Владеет навыками использования современной аппаратуры, вычислительной техники и программного обеспечения в исследовательской деятельности.	ОПК-8.3. В целом, владеет навыками использования современной аппаратуры, вычислительной техники и программного обеспечения в исследовательской деятельности	ОПК-8.3. Не владеет навыками использования современной аппаратуры, вычислительной техники и программного обеспечения в исследовательской деятельности

## **7.2. Перевод балльно-рейтинговых показателей оценки качества подготовки обучающихся в отметки традиционной системы оценивания.**

Порядок функционирования внутренней системы оценки качества подготовки обучающихся и перевод балльно-рейтинговых показателей обучающихся в отметки традиционной системы оценивания проводится в соответствии с положением КЧГУ «Положение о балльно-рейтинговой системе оценки знаний обучающихся», размещенным на сайте Университета по адресу: <https://kchgu.ru/inye-lokalnye-akty/>

## **7.3. Типовые контрольные задания или иные учебно-методические материалы, необходимые для оценивания степени сформированности компетенций в процессе освоения учебной дисциплины**

### **7.3.1. Типовые темы к письменным работам, докладам и выступлениям:**

1. Примеры регрессионных, имитационных и качественных моделей живых систем.
2. Принципы имитационного моделирования.
3. Решение линейного дифференциального уравнения.
4. Экспоненциальный и логистический рост популяций видов.
5. Фермент-субстратная реакция Михаэлиса-Ментен и ее применение при описании реакций обмена веществ живых организмов.
6. Примеры моделей микробных популяций.
7. Модель Моно. Двухвозрастная модели
8. Примеры моделей трансмембранного переноса ионов.
9. Мультистационарная модель.
10. Автоколебательная модель.
11. Модель распространения фронта волны Петровского-Колмогорова-Пискунова.
12. Распространение амброзиевого листоеда.

13. Детальные модели работы клеток кардиоцитов.
14. Аксиоматические модели возбудимой среды.
15. Примеры прямых компьютерных моделей процессов в фотосинтетической мембране.

### **7.3.3. Примерные вопросы к промежуточной аттестации (экзамен)**

1. Понятие модели.
2. Объекты, цели и методы моделирования.
3. История первых моделей в биологии.
4. Современная классификация моделей биологических процессов.
5. Примеры регрессионных, имитационных и качественных моделей живых систем.
6. Принципы имитационного моделирования.
7. Специфика моделирования живых систем.
8. Модели приводящие к одному дифференциальному уравнению.
9. Модели экспоненциального и логистического роста популяций видов.
10. Стационарное состояние.
11. Решение линейного дифференциального уравнения.
12. Примеры: экспоненциальный и логистический рост популяций видов.
13. Примеры решения дифференциальных уравнений.
14. Средние, быстрые и медленные переменные.
15. Теорема Тихонова.
16. Фермент-субстратная реакция Михаэлиса-Ментен и ее применение при описании реакций обмена веществ живых организмов.
17. Бифуркация динамических систем и типы бифуркаций.
18. Типы бифуркаций.
19. Седлово-узловая бифуркация
20. Микробные популяции как объект моделирования и управления.
21. Непрерывная культура микроорганизмов.
22. Микроэволюционные процессы в микробных популяциях.
23. Примеры моделей микробных популяций.
24. Модель Моно.
25. Двухвозрастная модели
26. Возрастные распределения микробных популяций.
27. Непрерывные возрастные распределения
28. Влияние слабых электромагнитных полей на биологические системы и полупроницаемые мембраны клеток.
29. Нелинейная модель антипорта ионов с участием переносчика
30. Примеры моделей трансмембранного переноса ионов.
31. Мультистационарная модель.
32. Автоколебательная модель.
33. Бистабильная модель.
34. Частота воздействия как управляющий параметр.
35. Активные кинетические среды в живых системах.
36. Взаимодействие процессов размножения и распределения видов.
37. Модель распространения фронта волны Петровского-Колмогорова-Пискунова.
38. Распространение амброзиевого листоеда.
39. Решение уравнения диффузии.
40. Опыты и модель распространения нервного импульса Ходжкина-Хакли.
41. Бегущие импульсы.
42. Автоволновые процессы и сердечные аритмии.
43. Детальные модели работы клеток кардиоцитов.
44. Возбуждение.
45. Подпороговое и надпороговое возбуждение.

46. Модели фотосинтетического электронного транспорта.
47. Кинетические модели процессов фотосинтетического электронного транспорта
48. Примеры прямых компьютерных моделей процессов в фотосинтетической мембране.
49. Процессы протекающие при фотосинтезе.
50. Фотосистемы I и II.

## **8. Перечень основной и дополнительной учебной литературы, необходимой для освоения дисциплины. Информационное обеспечение образовательного процесса**

### **8.1. Основная литература:**

1. Братусь А. С. Динамические системы и модели биологии / А. С. Братусь, А. С. Новожилов, А. П. Платонов. - Москва: ФИЗМАТЛИТ, 2010. - 400 с. ISBN 978-5-9221-1192-8, 600 экз. - URL: <https://znanium.com/catalog/product/397222> - Текст: электронный.
2. Иванов, В. И. Математические методы в биологии: учебно-методическое пособие / В. И. Иванов; Кемеровский государственный университет. - Кемерово: КемГУ, 2012. - 196 с. - URL: <https://e.lanbook.com/book/44336>. - Текст: электронный.
3. Кузнецов Ю. А. Математическое моделирование биологических процессов: учебно-методическое пособие / Ю. А. Кузнецов. - Нижний Новгород: ННГУ им. Н. И. Лобачевского, 2015. - 72с.- URL: <https://e.lanbook.com/book/153522>. - Текст: электронный.

### **8.2. Дополнительная литература:**

1. Гашев С. Н. Математические методы в биологии: учебное пособие / С. Н. Гашев, Ф. Х. Бетляева, М. Ю. Лупинос; Тюменский государственный университет. - Тюмень: ТГУ, 2014. - URL: [https://old.rusneb.ru/catalog/000199\\_000009\\_000141\\_008643633/](https://old.rusneb.ru/catalog/000199_000009_000141_008643633/). - Режим доступа: по подписке. - Текст: электронный.
2. Канюков В. В. Компьютерные технологии в медико-биологических исследованиях. В 2 ч. Ч.1: учебное пособие / В. В. Канюков. - Оренбург: ОГУ, 2009. - URL: [https://old.rusneb.ru/catalog/000199\\_000009\\_02000015258/](https://old.rusneb.ru/catalog/000199_000009_02000015258/). - Режим доступа: по подписке. - Текст: электронный.
3. Красс М. С. Моделирование эколого-экономических систем : учебное пособие / М.С. Красс. - 2-е изд. - Москва : ИНФРА-М, 2020. - 272 с. - URL: <https://znanium.com/catalog/product/1072253>. - Режим доступа: по подписке. - Текст: электронный.
4. Сиделев С. И. Математические методы в биологии и экологии: введение в элементарную биометрию: учебное пособие / С. И. Сиделев; Ярославский государственный университет. - Ярославль: ЯГУ. 2012. - URL: [https://old.rusneb.ru/catalog/000199\\_000009\\_000141\\_26/](https://old.rusneb.ru/catalog/000199_000009_000141_26/). - Режим доступа: по подписке. - Текст: электронный.
5. Чикуров Н. Г. Моделирование систем и процессов: учебное пособие / Н. Г. Чикуров. - Москва: РИОР: Инфра-М, 2019. - 398 с.- ISBN 978-5-369-01167-6. - URL: <https://znanium.com/catalog/product/1010810>. - Режим доступа: по подписке. - Текст: электронный.

## **9. Требования к условиям реализации рабочей программы дисциплины (модуля)**

### **9.1. Общесистемные требования**

#### **Электронная информационно-образовательная среда ФГБОУ ВО «КЧГУ»**

Каждый обучающийся в течение всего периода обучения обеспечен индивидуальным неограниченным доступом к электронной информационно-образовательной среде (ЭИОС) Университета из любой точки, в которой имеется доступ к информационно-телекоммуникационной сети «Интернет», как на территории Университета, так и вне ее.

Функционирование ЭИОС обеспечивается соответствующими средствами информационно-коммуникационных технологий и квалификацией работников, ее использующих и поддерживающих. Функционирование ЭИОС соответствует законодательству Российской Федерации.

Адрес официального сайта университета: <http://kchgu.ru>.

Адрес размещения ЭИОС ФГБОУ ВО «КЧГУ»: <https://do.kchgu.ru>.

#### **Электронно-библиотечные системы (электронные библиотеки)**

<b>Учебный год</b>	<b>Наименование документа с указанием реквизитов</b>	<b>Срок действия документа</b>
2024-2025 учебный год	Электронно-библиотечная система ООО «Знаниум». Договор № 238 эбс от 23.04.2024 г. Электронный адрес: <a href="https://znanium.com">https://znanium.com</a>	от 23.04.2024г. до 11.05.2025г.
2024-2025 учебный год	Электронно-библиотечная система «Лань». Договор № 36 от 14.03.2024 г. Электронный адрес: <a href="https://e.lanbook.com">https://e.lanbook.com</a>	от 14.03.2024г. до 19.01.2025г.
2024-2025 учебный год	Электронно-библиотечная система КЧГУ. Положение об ЭБ утверждено Ученым советом от 30.09.2015г. Протокол № 1. Электронный адрес: <a href="http://lib.kchgu.ru">http://lib.kchgu.ru</a>	Бессрочный
2024-2025 учебный год	Национальная электронная библиотека (НЭБ). Договор №101/НЭБ/1391-п от 22. 02. 2023 г. Электронный адрес: <a href="http://rusneb.ru">http://rusneb.ru</a>	Бессрочный
2024-2025 учебный год	Научная электронная библиотека «ELIBRARY.RU». Лицензионное соглашение №15646 от 21.10.2016 г. Электронный адрес: <a href="http://elibrary.ru">http://elibrary.ru</a>	Бессрочный
2024-2025 учебный год	Электронный ресурс Polpred.com Обзор СМИ. Соглашение. Бесплатно. Электронный адрес: <a href="http://polpred.com">http://polpred.com</a>	Бессрочный

#### **9.2. Материально-техническое и учебно-методическое обеспечение дисциплины**

Занятия проводятся в учебных аудиториях, предназначенных для проведения занятий лекционного и практического типа, курсового проектирования (выполнения курсовых работ), групповых и индивидуальных консультаций, текущего контроля и промежуточной аттестации в соответствии с расписанием занятий по образовательной программе. С описанием оснащённости аудиторий можно ознакомиться на сайте университета, в разделе материально-технического обеспечения и оснащённости образовательного процесса по адресу: <https://kchgu.ru/sveden/objects/>

#### **9.3. Необходимый комплект лицензионного программного обеспечения**

1. ABBY FineReader (лицензия №FCRP-1100-1002-3937), бессрочная.
2. Calculate Linux (внесён в ЕРПП Приказом Минкомсвязи №665 от 30.11.2018-2020), бессрочная.
3. GNU Image Manipulation Program (GIMP) (лицензия: №GNU GPLv3), бессрочная.
4. Google G Suite for Education (IC: 01i1p5u8), бессрочная.
5. Kaspersky Endpoint Security (Договор №56/2023 от 25 января 2023г.). Действует до 03.03.2025г.
6. Microsoft Office (лицензия №60127446), бессрочная.
7. Microsoft Windows (лицензия №60290784), бессрочная.

#### **9.4. Современные профессиональные базы данных и информационные справочные системы**

1. Федеральный портал «Российское образование»- <https://edu.ru/documents/>
2. Единая коллекция цифровых образовательных ресурсов (Единая коллекция ЦОР) – <http://school-collection.edu.ru/>
3. Базы данных Scopus издательства Elsevier <http://www.scopus.com/search/form.uri?display=basic>.
4. Портал Федеральных государственных образовательных стандартов высшего образования - <http://fgosvo.ru>.
5. Федеральный центр информационно-образовательных ресурсов (ФЦИОР) – <http://edu.ru>.
6. Единая коллекция цифровых образовательных ресурсов (Единая коллекция ЦОР) – <http://school-collection.edu.ru>.
7. Информационная система «Единое окно доступа к образовательным ресурсам» (ИС «Единое окно») – <http://window.edu.ru>.

#### **10. Особенности реализации дисциплины для инвалидов и лиц с ограниченными возможностями здоровья**

В ФГБОУ ВО «Карачаево-Черкесский государственный университет имени У.Д. Алиева» созданы условия для получения высшего образования по образовательным программам обучающихся с ограниченными возможностями здоровья (ОВЗ).

Специальные условия для получения образования по ОПВО обучающимися с ограниченными возможностями здоровья определены «Положением об обучении лиц с ОВЗ в КЧГУ», размещенным на сайте Университета по адресу: <http://kchgu.ru>

## 11. Лист регистрации изменений

Изменение	Дата и номер ученого совета факультета/института, на котором были рассмотрены вопросы о необходимости внесения изменений	Дата и номер протокола ученого совета Университета, на котором были утверждены изменения	Дата введения изменений