



## МИНОБРНАУКИ РОССИИ

федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение  
высшего образования

«ИРКУТСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»

ФГБОУ ВО «ИГУ»

Кафедра физико-химической биологии, биоинженерии и биоинформатики



### Рабочая программа дисциплины

Наименование дисциплины: Б1.В.6 «ФИЗИКО-ХИМИЧЕСКАЯ ЭКОЛОГИЯ»

Направление подготовки: 05.04.06 «Экология и природопользование»

Направленность (профиль) подготовки: «Экологическая экспертиза»

Квалификация выпускника: Магистр

Форма обучения: очная с элементами электронного обучения и дистанционных образовательных технологий

Согласовано с УМК биолого-почвенного  
факультета  
Протокол № 7 от 20.04.2024  
Председатель А. Н. Матвеев

Рекомендовано кафедрой физико-химической  
биологии, биоинженерии и биоинформатики  
Протокол № 15 от 17.04.2024  
Зав. кафедрой В.П. Саловарова

Иркутск 2024 г.

## Содержание

	стр.
I. Цель и задачи дисциплины .....	3
II. Место дисциплины в структуре ОПОП .....	2
III. Требования к результатам освоения дисциплины .....	3
IV. Содержание и структура дисциплины .....	6
4.1 Содержание дисциплины, структурированное по темам, с указанием видов учебных занятий и отведенного на них количества академических часов .....	
4.2 План внеаудиторной самостоятельной работы обучающихся по дисциплине .....	
4.3 Содержание учебного материала .....	
4.3.1 Перечень семинарских, практических занятий и лабораторных работ .....	
4.3.2. Перечень тем (вопросов), выносимых на самостоятельное изучение в рамках самостоятельной работы студентов .....	
4.4. Методические указания по организации самостоятельной работы студентов .....	
4.5. Примерная тематика курсовых работ (проектов) .....	
V. Учебно-методическое и информационное обеспечение дисциплины .....	15
а) перечень литературы .....	
б) периодические издания .....	
в) базы данных, поисково-справочные и информационные системы.....	
VI. Материально-техническое обеспечение дисциплины .....	16
6.1. Учебно-лабораторное оборудование .....	
6.2. Программное обеспечение .....	
6.3. Технические и электронные средства обучения .....	
VII. Образовательные технологии .....	17
VIII. Оценочные материалы для текущего контроля и промежуточной аттестации .....	18

## I. Цель и задачи дисциплины:

**Цель:** формирования представления о физических и химических процессах, определяющих поведение экосистем, формирование у студентов базовых знаний в области использования методов физико-химической биологии, математических методов анализа поведения сложных систем для исследования и прогнозирования поведения экосистем, планированию и проведению мероприятий по мониторингу экосистем с использованием физико-химических методов.

### Задачи:

- Сформировать у студентов представления о физических и химических процессах в окружающей среде, определяющих поведение экосистем;
- Изучить физико-химические основы взаимодействия организмов друг с другом и с окружающей средой;
- Изучить современные методы анализа видового и функционального разнообразия организмов в экосистемах путем анализа геномной ДНК;
- Освоить методы изучения поведения сложных экосистем на основе анализа комплекса сложных физико-химических и биологических данных;
- Изучить физико-химические процессы миграции, деградации и метаболизма загрязняющих веществ различной природы;
- Ознакомиться с основами радиационной экологии и радиационной безопасности.

## II. МЕСТО ДИСЦИПЛИНЫ В СТРУКТУРЕ ОПОП ВО

2.1. Учебная дисциплина Б1.В.6 «Физико-химическая экология» относится к части, формируемой участниками образовательных отношений.

2.2. Для изучения данной учебной дисциплины необходимы знания, умения и навыки, формируемые при изучении дисциплин первой ступени высшего образования (бакалавриата).

2.3. Перечень последующих учебных дисциплин, для которых необходимы знания, умения и навыки, формируемые данной учебной дисциплиной: «Экологический мониторинг», «Экологические риски и устойчивость экосистем», «Эволюционная экология», выполнение ВКР.

## III. ТРЕБОВАНИЯ К РЕЗУЛЬТАТАМ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

Процесс освоения дисциплины направлен на формирование компетенций в соответствии с ФГОС ВО и ОП ВО по данному направлению подготовки 05.04.06 «Экология и природопользование», профиль «Экологическая экспертиза»:

ПК-1: Способен формулировать проблемы, задачи и методы научного исследования, получать новые достоверные факты на основе наблюдений, опытов, научного анализа эмпирических данных, составлять аналитические обзоры сведений в мировой науке и производственной деятельности, обобщать полученные результаты и формулировать выводы и практические рекомендации на основе репрезентативных и оригинальных результатов исследований.

### Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине, соотнесенных с индикаторами достижения компетенций

Компетенция	Индикаторы компетенций	Результаты обучения
ПК-1 Способен формулировать	<i>ИДК ПК-1.1</i> Выбирает оптимальные способы и методы	Знать: физико-химические основы протекания процессов в экосистемах, физико-химические процессы, ответственные за взаимодействия между организмами и

<p>проблемы, задачи и методы научного исследования, получать новые достоверные факты на основе наблюдений, опытов, научного анализа эмпирических данных, составлять аналитические обзоры сведений в мировой науке и производственной деятельности, обобщать полученные результаты и формулировать выводы и практические рекомендации на основе репрезентативных и оригинальных результатов исследований</p>	<p>решения поставленных задач в выбранной области исследований</p>	<p>организмами с окружающей средой в сложных экосистемах.  Уметь: выбирать оптимальные методы физико-химической биологии для решения задач в области анализа мониторинга и прогнозирования состояния различных экосистем.  Владеть: физико-химическими методами, методами анализа сложных систем для применяемых для контроля состояния экосистем различной сложности.</p>
	<p><i>ИДК ПК 1.2</i>  Владеет методами анализа и изложения научной информации, способностью грамотно оценивать достоверность полученных результатов исследований и формулировать на их основе практические рекомендации</p>	<p>Знать: основные системы для поиска и анализа литературной информации по теме предмета.  Уметь: проводить поиск литературы по теме предмета, осваивать новые методы химии, физики, анализа данных, применимые для анализа процессов, происходящих в сложных экосистемах.  Владеть: навыками анализа сложных данных по взаимодействию различных компонентов в экосистемах, умением написания отчетов по теме предмета.</p>

#### IV. СОДЕРЖАНИЕ И СТРУКТУРА ДИСЦИПЛИНЫ

Объем дисциплины составляет 3 зачетных единицы, 108 часов, в том числе 22 часа на экзамен.

Из них реализуется с использованием электронного обучения и дистанционных образовательных технологий 6 часов.

Форма промежуточной аттестации: экзамен.

##### 4.1 Содержание дисциплины, структурированное по темам, с указанием видов учебных занятий и отведенного на них количества академических часов

№ п/н	Раздел дисциплины/тема	Семестр	Всего часов	Из них практическая подготовка обучающихся	Виды учебной работы, включая самостоятельную работу обучающихся, практическую подготовку и трудоемкость (в часах)				Форма текущего контроля успеваемости/ Форма промежуточной аттестации (по семестрам)
					Контактная работа преподавателя с обучающимися			Самостоятельная работа	
					Лекция	Семинар/ Практическое, лабораторное занятие/	Консультация		
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
1	<b>Тема 1.</b> Принципы формального описания сложных экосистем, анализ сложности устройства экосистем, экосистемы и сообщества, формальные методы сравнения экосистем.	2	10	-	2	4	-	6	Опрос КСР
2	<b>Тема 2.</b> Физико-химические процессы, определяющие механизмы взаимодействия организмов в экосистемах друг с другом и с факторами внешней среды.	2	10	-	2	2	-	6	Опрос КСР

<b>3</b>	<b>Тема 3.</b> Внешние абиотические факторы среды физико-химические процессы, реализующие их влияние на сложные экосистемы.	2	13.5	-	2	-	0.5	9	Опрос КСР
<b>4</b>	<b>Тема 4.</b> Принципы анализа взаимосвязей компонентов в сложных экосистемах, применение методов анализа данных для описания взаимодействия компонентов в сложных экосистемах.	2	10	-	2	4	-	6	Опрос КСР
<b>5</b>	<b>Тема 5.</b> Физико-химические процессы миграции, деградации и метаболизма загрязняющих веществ различной природы в экосистемах, принципы анализа данных по динамике концентраций загрязняющих веществ в экосистемах.	2	10	2	2	-	-	9	Опрос КСР
<b>6</b>	<b>Тема 6.</b> Использование современных методов получения и анализа геномных и метагеномных данных для изучения и мониторинга видового состава и метаболических процессов в сложных экосистемах	2	13.5	2	2	4	0.5	9	Опрос КСР
<b>7</b>	<b>Тема 7.</b> Радиационная биология и экология, радиационная безопасность, физико-химические методы контроля радиационного загрязнения экосистем.	2	10	-	2	-	-	6	Опрос КСР

#### 4.2 План внеаудиторной самостоятельной работы обучающихся по дисциплине

Семестр	Название раздела, темы	Самостоятельная работа обучающихся		Оценочное средство	Учебно-методическое обеспечение самостоятельной работы	
		Вид самостоятельной работы	Сроки выполнения			Трудоемкость (час.)
2	<b>Тема 1.</b> Принципы формального описания сложных экосистем, анализ сложности устройства экосистем, экосистемы и сообщества, формальные методы сравнения экосистем.	Изучение темы с использованием материалов лекций занятия и рекомендуемой литературы, подготовка к практическому занятию. Самостоятельное изучение теоретического материала по вопросу: «Оценка показателей таксономического разнообразия в экосистемах и сообществах, оценка сходства экосистем и сообществ по таксономическому разнообразию». Решение практической задачи по расчётам показателей видового разнообразия в сложных экосистемах,	1	6	Письменная работа КСР	Раздел 5 а-г
2	<b>Тема 2.</b> Физико-химические процессы, определяющие механизмы взаимодействия организмов в экосистемах друг с другом и с факторами внешней среды.	Изучение темы с использованием материалов лекций занятия и рекомендуемой литературы, подготовка к практическому занятию. Самостоятельное изучение теоретического материала по вопросу: «Типы взаимодействия организмов в экосистемах, методы формального математического описания взаимодействия организмов внутри и между видами». Подготовка доклада по теме.	3	6	Доклад КСР	- « -
2	<b>Тема 3.</b> Внешние абиотические факторы среды и физико-химические процессы, реализующие их влияние на сложные экосистемы.	Изучение темы с использованием материалов лекций занятия и рекомендуемой литературы, подготовка к практическому занятию. Самостоятельное изучение теоретического материала по вопросу: «Глобальное потепление и его комплексное влияние на наземные и водные экосистемы». Подготовка доклада по теме.	5	9	Доклад КСР	- « -

Семестр	Название раздела, темы	Самостоятельная работа обучающихся			Оценочное средство	Учебно-методическое обеспечение самостоятельной работы
		Вид самостоятельной работы	Сроки выполнения	Трудоемкость (час.)		
2	<b>Тема 4.</b> Принципы анализа взаимосвязей компонентов в сложных экосистемах, применение методов анализа данных для описания взаимодействия компонентов в сложных экосистемах.	Изучение темы с использованием материалов лекций занятия и рекомендуемой литературы, подготовка к практическому занятию, изучение рекомендуемого программного обеспечения. Решение практической задачи по анализу множественных корреляционных связей между количественными факторами среды и численность и биомассой видов в исследуемой экосистеме, подготовка письменного отчёта (посменной работы) по решаемой задаче.	7	6	Письменная работа КСР	- « -
2	<b>Тема 5.</b> Физико-химические процессы миграции, деградации и метаболизма загрязняющих веществ различной природы в экосистемах, принципы анализа данных по динамике концентраций загрязняющих веществ в экосистемах.	Изучение темы с использованием материалов лекций занятия и рекомендуемой литературы, подготовка к практическому занятию. Самостоятельное изучение теоретического материала по вопросу: «Тяжёлые металлы и их влияния на экосистемы, сложные органические загрязнители и их влияния на экосистемы». Подготовка доклада по теме.	9	9	Доклад КСР	- « -



Семестр	Название раздела, темы	Самостоятельная работа обучающихся			Оценочное средство	Учебно-методическое обеспечение самостоятельной работы
		Вид самостоятельной работы	Сроки выполнения	Трудоемкость (час.)		
2	<b>Тема 6.</b> Использование современных методов получения и анализа геномных и метагеномных данных для изучения и мониторинга видового состава и метаболических процессов в сложных экосистемах	Изучение темы с использованием материалов лекций занятия и рекомендуемой литературы, подготовка к практическому занятию. Решение практической задачи по анализу видового разнообразия в сообществе микроорганизмов с помощью данных метабаркодинг, подготовка письменного отчёта (посменной работы) по решаемой задаче.	11	9	Письменная работа КСР	- « -
2	<b>Тема 7.</b> Радиационная и биология и экология, радиационная безопасность, физико-химические методы контроля радиационного загрязнения экосистем.	Изучение темы с использованием материалов лекций занятия и рекомендуемой литературы, подготовка к практическому занятию. Самостоятельное изучение теоретического материала по вопросу: «Последствия загрязнения окружающей среды радионуклидами в результате ядерных аварий, катастроф и испытания ядерного оружия». Подготовка доклада по теме.	13	6	Доклад КСР	- « -
Общий объем самостоятельной работы по дисциплине (час) – <b>51</b>						
Из них объем самостоятельной работы с использованием электронного обучения и дистанционных образовательных технологий 27 часов.						

### **4.3 Содержание учебного материала**

**Тема 1. Принципы формального описания сложных экосистем, анализ сложности устройства экосистем, экосистемы и сообщества, формальные методы сравнения экосистем.**

Понятие экосистема, сообщества в экосистемах. Видовое разнообразие, альфа и бета разнообразие, описание видового разнообразия с помощью коэффициентов Шеннона и Симпсона. Различие между таксономическим разнообразием организмов в разных экосистемах и сообществах, меры различия между таксономическим разнообразием (дистанция Джакарда, дистанция Брея-Кертиса, Евклидово расстояние). Маркерные группы видов и их использование для мониторинга экологического состояния экосистем.

**Тема 2. Физико-химические процессы, определяющие механизмы взаимодействия организмов в экосистемах друг с другом и с факторами внешней среды.**

Взаимодействие организмов одного вида друг с другом, отношения самок и самцов, родителей и потомства, отношения разновозрастных когорт внутри вида, К и R стратегии выживания. Межвидовое взаимодействие, типы межвидового взаимодействия (отношение по типу хищник-жертва, различные варианты симбиоза). Влияние внешних факторов среды на особи и виды, различные варианты воздействия внешних факторов. Математическое описание различных типов внутривидовых и межвидовых взаимодействий.

**Тема 3. Внешние абиотические факторы среды физико-химические процессы, реализующие их влияние.**

Термодинамические процессы в экосистемах, описание термодинамических процессов в экосистемах с помощью различных термодинамических функций. Термодинамические процессы и их влияние на эволюции экосистем. Механизмы формирования первичной продукции в экосистемах, фотосинтез и хемосинтез. Утилизация и деградация органического вещества в пищевых сетях экосистем. Глобальные факторы среды и климата, влияние их изменения на состояния экосистем. Круговорот вещества и энергии в экосистемах т в биосфере.

**Тема 4. Принципы анализа взаимосвязей компонентов в сложных экосистемах, применение методов анализа данных для описания взаимодействия компонентов в сложных экосистемах.**

Представление о факторах среды как о качественных и количественных величинах. Рассмотрение численностей и биомасс видов как количественных величин. Корреляционный анализа как инструмент для исследования взаимосвязей между количественными величинами, множественный корреляционный анализа, корреляционные матрицы. Однофакторный и многофакторный дисперсионный анализ, как инструмент для исследования взаимосвязи количественных и качественных характеристик экосистемы.

**Тема 5. Физико-химические процессы миграции, деградации и метаболизма загрязняющих веществ различной природы в экосистемах, принципы анализа данных по динамике концентраций загрязняющих веществ в экосистемах.**

Понятие экотоксикантов, типы экотоксикантов (тяжелые металлы, сложные органические загрязнители, химически инертные микрочастицы). Экотоксиканты природного и антропогенного происхождения. Физико-химические процессы утилизации и выведения экотоксикантов в экосистемах (метаболические превращение внутри организмов, химическая и физическая деструкция под воздействием факторов среды, захоронение). Влияние экотоксикантов на таксономическое разнообразие сообществ.

**Тема 6. Использование современных методов получения и анализа геномных и метагеномных данных для изучения и мониторинга видового состава и метаболических процессов в сложных экосистемах**

Нуклеиновые кислоты и их наследственная роль. Понятие генетического маркера, использование генетических маркеров для идентификации видов организмов, баркодинг или ДНК штрихкодирование. Методы расшифровки ДНК, технологии массовой параллельной расшифровки ДНК нового поколения. Использование технология массовой параллельной расшифровки ДНК для барконговых исследований – метабаокодинг. Учет таксономического разнообразия организмов в экосистемах с помощью метабаркодинга. Использование технология массовой параллельной расшифровки ДНК для исследования случайных фрагментов ДНК (метагеономик с использованием метода дробовика). Метагеономика методом дробовика для поиска функционально значимых генов, определяющих экосистемные процессы.

**Тема 7. Радиационная и биология и экология, радиационная безопасность, физико-химические методы контроля радиационного загрязнения экосистем.**

Электромагнитное излучения, спектр электромагнитного излучения, влияние электромагнитного излучения различных спектров на живые организмы и экосистемы. Ионизирующее излучение, типы ионизирующего излучения. Влияние ионизирующего излучения на организм и экосистемы. Природные и антропогенные источники ионизирующего излучения. Изотопы и радионуклиды. Источники и происхождения различных радионуклидов. Миграция и накопления радионуклидов в биосфере. Способы измерения и контроля различных типов электромагнитного и ионизирующего излучения.

**4.3.1. Перечень семинарских, практических занятий и лабораторных работ**

№ п/п	№ раздела и темы	Наименование семинаров, практических и лабораторных работ	Трудоемкость (час.)		Оценочные средства	Формируемые компетенции (индикаторы)*
			Всего часов	Из них практическая подготовка		
1	2	3	4	5	6	7
1	Тема 1	Коэффициенты таксономического разнообразия (биоразнообразия) Шеннона и Симпсона. Нормированные коэффициенты таксономического разнообразия Шеннона и Симпсона. Программное обеспечение для расчетов коэффициентов таксономического разнообразия.	2	1	Опрос КСР	ПК-1 ИДК ПК 1.1 ИДК ПК 1.2
2	Тема 1	Виды коэффициентов сходства и метрик дистанция для сравнения сообществ, программное обеспечение для	2	1	Опрос КСР	ПК-1 ИДК ПК 1.1 ИДК ПК 1.2

		расчётов метрик дистанций, используемых для сравнения сообществ.				
3	<b>Тема 2</b>	Математические методы и принципы формального описания взаимодействия между организмами и между видами.	2	1	Опрос КСР	ПК-1 <i>ИДК ПК 1.1</i> <i>ИДК ПК 1.2</i>
4	<b>Тема 4</b>	Методы корреляционного анализа для описания взаимосвязи между количественными характеристиками сообществ (численность и биомасса видов, концентрации биогенных элементов, концентрации загрязнителей)	2	1	Опрос КСР	ПК-1 <i>ИДК ПК 1.1</i> <i>ИДК ПК 1.2</i>
5	<b>Тема 4</b>	Методы дисперсионного анализа для идентификации взаимосвязи колевенных и количественных характеристик экосистем	2	1	Опрос КСР	ПК-1 <i>ИДК ПК 1.1</i> <i>ИДК ПК 1.2</i>
6	<b>Тема 6</b>	Использовании данных массовой параллельной расшифровки стандартных генетических маркеров для оценки качественных и количественных характеристик таксономического состава сообществ – матабаркодинговые исследования	2	1	Опрос КСР	ПК-1 <i>ИДК ПК 1.1</i> <i>ИДК ПК 1.2</i>
7	<b>Тема 6</b>	Метагеномный анализ методом дробовика, и его применения для анализа таксономического разнообразия и метаболического потенциала различных сообществ	2	1	Опрос КСР	ПК-1 <i>ИДК ПК 1.1</i> <i>ИДК ПК 1.2</i>

#### 4.3.2. Перечень тем (вопросов), выносимых на самостоятельное изучение студентами в рамках самостоятельной работы (СРС)

№ п/п	Тема	Задание	Формируемая компетенция	ИДК
1.	Тема 2. Физико-химические процессы, определяющие механизмы взаимодействия организмов в экосистемах друг с другом и с факторами внешней среды.	Самостоятельное изучение темы «Пищевая цепь оз. Байкал, основные компоненты пищевой цепи озера». Подготовка доклада по теме.	ПК-1	<i>ИДК ПК 1.1 ИДК ПК 1.2 ИДК ПК 1.3</i>
2.	Тема 3. Внешние абиотические факторы среды и физико-химические процессы, реализующие их влияние на сложные экосистемы.	Самостоятельное изучение темы «Круговорот кремния в биосфере, кремнийаккумулялирующие организмы». Подготовка доклада по теме.	ПК-1	<i>ИДК ПК 1.1 ИДК ПК 1.2 ИДК ПК 1.3</i>
3.	Тема 6. Использование современных методов получения и анализа геномных и метагеномных данных для изучения и мониторинга видового состава и метаболических процессов в сложных экосистемах.	Самостоятельное изучение темы «Палео ДНК, изучение древней истории изменения таксономического разнообразия на основе данных массовой параллельной расшифровки нуклеотидных последовательностей». Подготовка доклада по теме.	ПК-1	<i>ИДК ПК 1.1 ИДК ПК 1.2 ИДК ПК 1.3</i>

#### 4.4. Методические указания по организации самостоятельной работы студентов

Самостоятельная работа студентов является составной частью учебного процесса и имеет целью закрепление и углубление полученных знаний и навыков, поиск и приобретение новых знаний, а также выполнение учебных заданий, подготовку к предстоящим занятиям, и экзамену по предмету.

Для организации самостоятельной работы по дисциплине «Физико-химическая экология» используются следующие формы самостоятельной учебной работы:

- Работа по изучению темы с использованием материалов практического занятия.
- Подбор, изучение, анализ рекомендованной литературы.
- Подготовка устных докладов по темам занятий
- Изучения тем занятий, вынесенных на самостоятельное изучение, подготовка устных докладов по темам.
- Самостоятельное изучение программного обеспечения для выполнения задач по анализу геномных и протеомных данных.
- Самостоятельное решения домашних задач по анализу геномных и протемных данных на основе опыта, полученного на практических занятиях.
- Подготовка письменных отчетов по решению домашних задач.

- Подготовка к экзамену.

*Письменный отчет по решению домашних заданий* – это отчет о выполнении домашнего задания по темам дисциплины, содержащий следующую информацию:

- Ф.И.О. номер группы магистранта;

- номер задания;

- формулировка задания;

- список программного обеспечения и интернет сервисов и баз данных, применяемых для решения задания с указанием параметров для запуска;

- описание результат решения задания с приведением таблиц и рисунков в соответствии с формулировкой задания.

Критерий оценки отчета по решению домашнего задания:

- Оценка «зачтено». Задание выполнено правильно и в полном объеме, все таблицы и графики согласно формулировке задания предоставлены в отчете.

- Оценка «не зачтено». Задание выполнено не правильно или не в полном объеме, вопрошается на переделку и доработку.

*Устный доклад* – это сообщение в течение 10-15 мин, в котором студент в лаконичной форме должен изложить материал по соответствующей теме, придерживаясь следующего плана: введение, основная часть, заключение. Доклад сопровождается презентацией, отражающей основные положения по соответствующей теме, включающей наглядные материалы (схемы, таблицы, фото и т.д.). По окончании доклада студенту задают вопросы, как преподаватель, так и студенты, на которые докладчик должен дать исчерпывающие ответы.

Критерии оценивания устного доклада:

- Оценка «отлично». В докладе полностью раскрыта тема, проанализировано современное состояние вопроса; студент свободно владеет материалом, излагает его логично, последовательно, лаконично, соблюдая основные правила культуры речи. Доклад сопровождается презентацией, которая отражает основные положения доклада, презентация составлена грамотно с соблюдением общих требований, правил шрифтового оформления, подачи графического материала, имеются ссылки на приведенные фото, рисунки, схемы и т.д., приводится список использованной литературы. При обсуждении доклада студент дает исчерпывающие, аргументированные, корректные ответы на вопросы.

- Оценка «хорошо». Тема раскрыта, приведено достаточное количество материала, но при этом материал в недостаточной степени проанализирован автором. Презентация не в полной степени соответствует общим требованиям. Ответы студента не на все вопросы являются исчерпывающими и аргументированными.

- Оценка «удовлетворительно». Тема раскрыта не полно, материал приведен как простая констатация фактов, не проанализирован, студент показывает поверхностные знания. Презентация частично соответствует установленным требованиям. При обсуждении доклада студент не всегда дает правильные, исчерпывающие ответы на задаваемые вопросы.

- Оценка «неудовлетворительно». Тема доклада не раскрыта, скудный объем приведенных материалов; презентация отсутствует. При обсуждении доклада студент не дает ответы или они не соответствуют заданным вопросам.

**4.5. Примерная тематика курсовых работ (проектов):** не предусмотрены учебным планом.

## **V. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ И ИНФОРМАЦИОННОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ**

### **а) перечень литературы**

1. Физико-химические методы в биологии [Текст] : учеб. пособие для вузов, обуч. по напр. 020400 (020200) "Биология" и биологическим специальностям / В. П. Саловарова [и др.] ; ред. В. П. Саловарова ; рец.: В. К. Войников, С. Н. Естафьев ; Иркутский гос. ун-т, Биол.-почв. фак. - Иркутск : Изд-во ИГУ, 2013. - 295 с. : ил., цв. ил. ; 21 см. - Библиогр.: с. 272-275. - ISBN 978-5-9624-0806-4. 79 экз.+
2. Другов, Юрий Степанович. Анализ загрязненной почвы и опасных отходов [Текст]: практ. руководство / Ю. С. Другов, А. А. Родин. - 2-е изд., перераб. и доп. - М. : Бином. Лаборатория знаний, 2014. - 469 с. - ISBN 978-5-9963-0372-4. 3+ экз.  
Остерман Л.А. Методы исследования белков и нуклеиновых кислот: Электрофорез и ультрацентрифугирование / Л.А. Остерман. - М.: Наука, 1981. - 288 с. (8 экз.)+

#### **б) периодические издания**

1. <https://sciencejournals.ru/journal/ekol/> - сайт журнала «Экология». Содержит большое количество статей в pdf – формате.
2. <https://journal.r-project.org/> - сайт журнала по статистическим методам на R, «The R Journal».
3. <https://izdatgeo.ru/index.php?action=journal&id=3> - сайт журнала «География и природные ресурсы», публикующим научные работы в области биоинформационных технологий

#### **в) базы данных, информационно-справочные и поисковые системы**

1. <http://www.biometrika.tomsk.ru/> - электронный журнал «Биометрика» для медиков и биологов – сторонников доказательной биомедицины. Содержит большое количество статей и иных материалов, посвященных математическим моделям в биологии.
2. <http://www.dmb.biophys.msu.ru/models> - ресурс по динамическим моделям в биологии, модели динамики популяций.
3. [http://www.apmath.spbu.ru/ru/staff/sokolov/files/sborka\\_poslednyaya.pdf](http://www.apmath.spbu.ru/ru/staff/sokolov/files/sborka_poslednyaya.pdf) - учебное пособие «Модели динамики популяций», автор С. В. Соколов.
4. [http://elib.biblioatom.ru/text/mirnye-yadernye-vzryvy\\_2001/go,0/](http://elib.biblioatom.ru/text/mirnye-yadernye-vzryvy_2001/go,0/) - книга по описанию программы СССР и США использовании ядерных взрывов в мирных целях.
5. <https://www.sphti.ru/wp-content/uploads/2020/09/%D0%9C%D0%B8%D1%80%D0%BD%D1%8B%D0%B5-%D1%8F%D0%B4%D0%B5%D1%80%D0%BD%D1%8B%D0%B5-%D0%B2%D0%B7%D1%80%D1%8B%D0%B2%D1%8B-%D0%A1%D0%A1%D0%A1%D0%A0.pdf> - презентация по теме «Мирные ядерные взрывы в СССР»
6. [https://brstu.ru/images/stories/section/facultets/enf/kaf\\_fiziki/kim\\_re\\_2010.pdf](https://brstu.ru/images/stories/section/facultets/enf/kaf_fiziki/kim_re_2010.pdf) - радиационная экология, учебное пособие, авторы Д. Ким, Л. А. Геращенко.
7. <https://izd-mn.com/PDF/52MNNPU20.pdf> - краткий курс экологической химии, учебник, Н. А. Черных, Ю. И. Баева
8. <https://www.youtube.com/c/RadiationHazard> – youtube канал, посвященный различным проблемам использования ядерных технологий.
9. <https://www.elibrary.ru> – электронная библиотека научных статей, монографии и материалов конференций, выпущенных Российскими учеными.
10. <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/> - международная база данных научных статей и монографий, посвященная различным вопросам биологии.
11. <https://apps.webofknowledge.com> – международная база данных, индексирующая научные публикации в высокорейтинговых изданиях

12. <https://www.r-project.org/> - сайт проекта по R статистике
13. <http://qsar4u.com/pages/rtutorial.php> - Краткий курс "Введение в R и моделирование с R" (Pavel Polishchuk).
14. [https://material.bits.vib.be/topics/metagenomics/tutorials/Ecology\\_Analysis\\_using\\_vegan/tutorial.html](https://material.bits.vib.be/topics/metagenomics/tutorials/Ecology_Analysis_using_vegan/tutorial.html) - учебник по использованию пакета «vegan» языка программирования R в экологическом анализе
15. <https://cran.r-project.org/web/packages/vegan/vignettes/diversity-vegan.pdf> - учебное пособие, описывающее применение пакета «vegan» языка программирования R для расчетов показателей разнообразия.
16. <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/> - сайт международной базы данных NCBI (National Center Biotech Information)
17. <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/home/tutorials/> - полное руководство по использованию базы данных NCBI.
18. <http://doua.prabi.fr/software/seaview> - сайт и руководство к программе «Seaview» для анализа биологических последовательностей
19. <https://kaiju.binf.ku.dk/> - онлайн инструмент для таксономической классификации коротких NGS прочтений в метагеномике.

## VI. МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

### 6.1. Учебно-лабораторное оборудование:

- Аудитория для проведения занятий лабораторного типа. Компьютерный класс (учебная аудитория). Аудитория оборудована: специализированной (учебной) мебелью на 20 посадочных мест, доской меловой; оборудована техническими средствами обучения: Системный блок PentiumG850, Монитор BenQ G252HDA-1 шт.; Системный блок Athlon 2 X2 250, Монитор BenQ G252HDA – 8 шт.; Системный блок PentiumD 3.0GHz, Монитор Samsung 740N – 3 шт.; Моноблок IRU T2105P – 2 шт.; Системный блок Pentium G3250, Монитор BenQG955 – 1 шт.; Системный блок Pentium G3250, Монитор BenQ GL2250 – 1 шт.; Системный блок Pentium G3250, Монитор Samsung T200 HD – 1 шт.; Системный блок Pentium G3250, Монитор Samsung T190N – 1 шт.; Системный блок Pentium G3250, Монитор Samsung 740N – 1 шт.; Проектор BenQ MX503; экран ScreenVtdiaEcot. С неограниченным доступом к сети Интернет и обеспечением доступа в электронную информационно-образовательную среду организации, учебно-наглядными пособиями, обеспечивающими тематические иллюстрации по дисциплине «Биоинформационные технологии» в количестве 8 шт., презентации по каждой теме программы.

- Компьютерный класс (учебная аудитория) для групповых и индивидуальных консультаций, текущего контроля и промежуточной аттестации, организации самостоятельной работы. Аудитория оборудована: специализированной (учебной) мебелью на 20 посадочных мест, доской меловой; оборудована техническими средствами обучения: Системный блок PentiumG850, Монитор BenQ G252HDA-1 шт.; Системный блок Athlon 2 X2 250, Монитор BenQ G252HDA – 8 шт.; Системный блок PentiumD 3.0GHz, Монитор Samsung 740N – 3 шт.; Моноблок IRU T2105P – 2 шт.; Системный блок Pentium G3250, Монитор BenQG955 – 1 шт.; Системный блок Pentium G3250, Монитор BenQ GL2250 – 1 шт.; Системный блок Pentium G3250, Монитор Samsung T200 HD – 1 шт.; Системный блок Pentium G3250, Монитор Samsung T190N – 1 шт.; Системный блок Pentium G3250, Монитор Samsung 740N – 1 шт.; с неограниченным доступом к сети Интернет; Проектор BenQ MX503; экран ScreenVtdiaEcot. Ноутбук Lenovo G580 – 1 шт. С неограниченным доступом к сети Интернет.

- Помещения для хранения и профилактического обслуживания учебного оборудования. Аудитория оборудована: специализированной мебелью на 11 посадочных мест; Шкаф для документов - 3 шт.; Сейф – 1 шт.; Шкаф-купе - 2 шт.; Принтер цв. Canon LBR-5050 Laser Printer; Принтер Canon LBP-3010; Ноутбук Lenovo G580 – 1 шт.



### 6.2. Программное обеспечение:

DreamSpark Premium Electronic Software Delivery (3 years) Renewal (Windows 10 Education 32/64-bit (Russian) - Microsoft Imagine, Windows 7 Professional with Service Pack 1 32/64-bit (English) - Microsoft Imagine, Windows Server 2008 Enterprise and Standard without Hyper-V with SP2 32/64-bit (English) - Microsoft Imagine, Access 2016 32/64-bit (Russian) - Microsoft Imagine, Access 2010 32/64-bit (Russian) - Microsoft Imagine). Договор №03-016-14 от 30.10.2014г.

Kaspersky Endpoint Security для бизнеса - Стандартный Russian Edition. 250-499. Форум Контракт №04-114-16 от 14ноября 2016г KES. Счет №РСЦЗ-000147 и АКТ от 23ноября 2016г Лиц.№1В08161103014721370444.

Microsoft Office Enterprise 2007 Russian Academic OPEN No Level. Номер Лицензии Microsoft 43364238.

Microsoft Windows XP Professional Russian Upgrade Academic OPEN No Level. Номер Лицензии Microsoft 41059241.

Office 365 профессиональный плюс для учащихся. Номер заказа: 36dde53d-7cdb-4cad-a87f-29b2a19c463e.

### 6.3. Технические и электронные средства:

Презентации по всем темам курса.

## VII. ОБРАЗОВАТЕЛЬНЫЕ ТЕХНОЛОГИИ

При реализации различных видов учебной работы дисциплины используются как стандартные методы обучения, так и интерактивные формы проведения занятий.

*Стандартные методы обучения:*

1. Информационная лекция.
2. Практические занятия, предназначенные для освоения студентами базовых методов анализа данных в физико-химической экологии.
3. Самостоятельная работа студентов.
4. Консультации преподавателя.
5. Подготовка ответов на контрольные вопросы.
6. Обучения с применением интерактивных форм образовательных технологий.
7. Кейс-метод – обучение в контексте моделируемой ситуации, воспроизводящей реальные условия научной деятельности (разбор конкретных ситуаций).
8. Информационно-коммуникационные образовательные технологии – лекция-визуализация, представление результатов деятельности (рефератов и отчетов) с использованием специализированных программных сред.
9. Интернет-технология – задействование образовательного портала ИГУ - educa.isu.ru для предоставления письменных отчетов по домашним работам.

### Наименование тем занятий с использованием активных форм обучения:

№	Тема занятия	Вид занятия	Форма / Методы интерактивного обучения	Кол-во часов
1	Тема 1. Принципы формального описания сложных экосистем, анализ сложности устройства экосистем, экосистемы и	самостоятельная работа	Загрузка задания для контроля на образовательный портал ИГУ educa.isu.ru	6

	сообщества, формальные методы сравнения экосистем.			
2	Тема 2. Физико-химические процессы, определяющие механизмы взаимодействия организмов в экосистемах друг с другом и с факторами внешней среды.	самостоятельная работа	Загрузка задания для контроля на образовательный портал ИГУ educa.isu.ru	6
3	Тема 4. Принципы анализа взаимосвязей компонентов в сложных экосистемах, применение методов анализа данных для описания взаимодействия компонентов в сложных экосистемах.	самостоятельная работа	Загрузка задания для контроля на образовательный портал ИГУ educa.isu.ru	6
4	Тема 6. Использование современных методов получения и анализа геномных и метагеномных данных для изучения и мониторинга видового состава и метаболических процессов в сложных экосистемах.	самостоятельная работа	Загрузка задания для контроля на образовательный портал ИГУ educa.isu.ru	9
Итого часов				27

### VIII. ОЦЕНОЧНЫЕ МАТЕРИАЛЫ ДЛЯ ТЕКУЩЕГО КОНТРОЛЯ И ПРОМЕЖУТОЧНОЙ АТТЕСТАЦИИ

В рамках дисциплины «Физико-химическая экология» используются следующие формы текущего контроля:

- устный опрос;
- устный доклад по теме;
- письменная работа по решению домашних заданий;

Фонд оценочных средств включает:

- перечень тем докладов по темам дисциплины;
- вопросы для самостоятельного изучения (ср);
- задачи для самостоятельного домашнего решения;
- вопросы и билеты для экзамена.

Назначение оценочных средств: выявить сформированность компетенции ПК-1 (см. п. III).

#### Перечень темы устных докладов

1. Тема 2. Обобщенная модель Колмогорова для описания взаимодействия по типу хищник - жертва.
2. Тема 2. Описание эволюционных процессов с помощью моделей динамики популяций.
3. Тема 2. Пищевая цепь оз. Байкал, основные компоненты пищевой цепи озера.

4. Тема 3. Глобальное потепление и его комплексное влияние на наземные и водные экосистемы.
5. Тема 3. Круговорот кремния в биосфере, кремнеяккумулялирующие организмы.
6. Тема 5. Стойкие органически загрязнители в окружающей среде.
7. Тема 5. Тяжёлые металлы в окружающей среде.
8. Тема 5. Микропластик в водных экосистемах.
9. Тема 5. Природный экотоксикант сакситаксин, цианобактерии как источник сакситоксина.
10. Тема 6. Палео ДНК, изучение древней истории изменения таксономического разнообразия на основе данных массовой параллельной расшифровки нуклеотидных последовательностей.
11. Тема 7. Радиационные аварии и катастрофы как источник загрязнения биосферы радионуклидами.
12. Тема 7. Программа проведения ядерных взрывов в мирных целях в СССР и США и ее последствия.

#### **Перечень вопросов для самостоятельного изучения**

1. Пищевая цепь оз. Байкал, основные компоненты пищевой цепи озера.
2. Круговорот кремния в биосфере, кремнеяккумулялирующие организмы.
3. Палео ДНК, изучение древней истории изменения таксономического разнообразия на основе данных массовой параллельной расшифровки нуклеотидных последовательностей.

#### **Перечень домашних задания для самостоятельного выполнения**

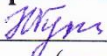
1. Тема 1. Расчёт индексов биоразнообразия Шеннона и Симпсона, использование электронных таблиц для расчетов индексов разнообразия.
2. Тема 1. Расчёт числовых коэффициентов определяющих различие по таксономическому составу сообществ, использование языка программирования R для расчетов.
3. Тема 4. Расчёт коэффициентов корреляций для анализа взаимосвязи между количественными характеристиками сообществ и экосистем, использование электронных таблиц для проведения расчётов.
4. Тема 4. Анализ данных с помощью однофакторного и многофакторного дисперсионного анализа, использование языка программирования R для расчетов.
5. Тема 6. Анализ данных по метабаркодингу бактериальных сообществ с помощью маркерного гена 16S рибосомальной РНК.
6. Тема 6. Анализ данных по метабаркодингу сообществ эукариот с помощью маркерного гена 18S рибосомальной РНК.
7. Тема 6. Таксономическая аннотация коротких прочтений метагеномных данных, полученных методом дробовика, вирусных сообществ из оз. Байкал с помощью онлайн сервиса <https://kaiju.binf.ku.dk/>.

#### **Примерный список вопросов к экзамену**

1. Определение понятия экосистемы и биологического сообщества, искусственные и природные экосистемы и сообщества.
2. Методы анализа таксономического (биологического разнообразия сообществ) альфа разнообразия, бета разнообразие коэффициенты Шеннона и Симпсона.
3. Анализ количественных различия между таксономическим разнообразием сообществ.
4. Типы взаимодействия между видами в экосистемах.
5. Математическое описание системы видов, взаимодействующих по типу хищник-жертва.

6. Ресурсы среды, фактор лимитирования ресурсами среды роста численностей и биомасс видов.
7. Учет маркерных видов для мониторинга состояния экосистем.
8. Пищевые цепи, миграция и трансформация вещества и энергии в биосфере
9. Фотосинтез и хемосинтез, как основной источник первичного органического вещества в биосфере.
10. Термодинамические законы функционирования сложных экосистем.
11. Сложность организации и устойчивость естественных экосистем.
12. Качественные и количественные показатели описания экосистем.
13. Корреляционный анализ как инструмент анализа взаимосвязей между количественными показателями экосистем.
14. Дисперсионный анализ как инструмент анализа взаимосвязей между качественными и количественными показателями экосистем.
15. Анализ взаимодействий между комплексом разнородных показателей экосистем.
16. Тяжёлые металлы в экосистемах, воздействия тяжёлых металлов на таксономическое разнообразие сообществ.
17. Сложные органические загрязнители в экосистемах, воздействия тяжёлых металлов на таксономическое разнообразие сообществ.
18. Экотаксиканты природного происхождения в экосистемах.
19. Органическое вещество антропогенного происхождения в экосистемах.
20. Микропластик и его влияние на экосистемы.
21. ДНК маркеры, маркерные гены и их применение для исследования таксономического разнообразия сообществ, ДНК штрихкодирование (баркодинг).
22. Технологии массовой параллельного расшифровки ДНК нового поколения.
23. ДНК метабаркодинг для качественного и количественного анализа таксономического разнообразия сообществ.
24. Расшифровка случайных фрагментов природной геномной ДНК, анализ функционального потенциала сообществ.
25. Метод палео ДНК исследование истории формирования сообществ.

**Разработчик:**

 доцент Букин Ю.С.  
(подпись)

Программа составлена в соответствии с требованиями ФГОС ВО по направлению 05.04.06 Экология и природопользование

Программа рассмотрена на заседании кафедры физико-химической биологии, биоинженерии и биоинформатики 17.04.2024 г. протокол № 15.

Зав. кафедрой, д.б.н., профессор В.П. Саловарова 

*Настоящая программа, не может быть воспроизведена ни в какой форме без предварительного письменного разрешения кафедры-разработчика программы.*