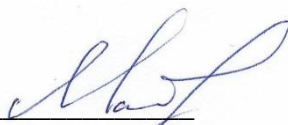




Министерство науки и высшего образования Российской Федерации
федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования
«ИРКУТСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»
ФГБОУ ВО «ИГУ»
Кафедра зоологии и экологии




Директор Института
Биологических наук
А. Н. Матвеев
«02» апреля 2026 г.

Рабочая программа дисциплины

Наименование дисциплины: **Б1.В.25 «БИОРЕМЕДИАЦИЯ»**


Направление подготовки: 05.03.06 «Экология и природопользование»

Направленность (профиль) подготовки: «Экологическая экспертиза»

Квалификация выпускника: Бакалавр

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

Согласовано с УМК Института
Биологических наук ИГУ
Протокол № 1 от «02» апреля 2026 г.

Председатель  А. Н. Матвеев

Рекомендовано кафедрой зоологии и
экологии:
Протокол № 1 от «01» апреля 2026 г.

Зав. кафедрой  А. Н. Матвеев

Иркутск 2026 г.

Содержание

	стр.
I. Цель и задачи дисциплины	3
II. Место дисциплины в структуре ОПОП	3
III. Требования к результатам освоения дисциплины	3
IV. Содержание и структура дисциплины	5
4.1 Содержание дисциплины, структурированное по темам, с указанием видов учебных занятий и отведенного на них количества академических часов	5
4.2 План внеаудиторной самостоятельной работы обучающихся по дисциплине ...	6
4.3 Содержание учебного материала	12
4.3.1 Перечень семинарских, практических занятий и лабораторных работ	13
4.3.2. Перечень тем (вопросов), выносимых на самостоятельное изучение в рамках самостоятельной работы студентов	14
4.4. Методические указания по организации самостоятельной работы студентов ...	14
4.5. Примерная тематика курсовых работ (проектов)	16
V. Учебно-методическое и информационное обеспечение дисциплины	16
а) перечень литературы	16
б) список авторских методических разработок	17
в) базы данных, поисково-справочные и информационные системы	17
VI. Материально-техническое обеспечение дисциплины	17
6.1. Учебно-лабораторное оборудование	17
6.2. Программное обеспечение	18
6.3. Технические и электронные средства обучения	18
VII. Образовательные технологии	18
VIII. Оценочные материалы для текущего контроля и промежуточной аттестации.....	19

I. Цель и задачи дисциплины:

Цель: познакомить студентов с современным состоянием вопросов использования биологических агентов для ремедиации загрязненных субстратов, с основными подходами, применяемыми в биоремедиации.

Задачи:

- изучение теоретических основ биоремедиации, процессов метаболизма антропогенных токсикантов в живых организмах;
- знакомство с биоремедиационными технологиями, применяемыми в различных средах;
- формирование компетенций, соответствующих уровню подготовки бакалавров для научно-исследовательской экспертно-аналитической деятельности.

II. МЕСТО ДИСЦИПЛИНЫ В СТРУКТУРЕ ОПОП ВО

2.1. Учебная дисциплина Б1.В.25 «Биоремедиация» относится к части, формируемой участниками образовательных отношений.

2.2. Для изучения данной учебной дисциплины необходимы знания, умения и навыки, формируемые предшествующими дисциплинами: «Биоразнообразие и биоресурсы региона», «Экология организмов», «Общая химия», «Экологический мониторинг».

2.3. Перечень последующих учебных дисциплин, для которых необходимы знания, умения и навыки, формируемые данной учебной дисциплиной: «Оценка воздействия на окружающую среду (ОВОС)», «Экономика природопользования», выполнение ВКР.

III. ТРЕБОВАНИЯ К РЕЗУЛЬТАТАМ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

Процесс освоения дисциплины направлен на формирование компетенции в соответствии с ФГОС ВО и ОП ВО по данному направлению подготовки 05.03.06 «Экология и природопользование», профиль «Экологическая экспертиза»:

ПК-3: способен выбирать и использовать методы экологических исследований, соответствующее оборудование, программное обеспечение для решения исследовательских задач.

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

Компетенция	Индикаторы компетенций	Результаты обучения
ПК-3 способен выбирать и использовать методы экологических исследований, соответствующее оборудование, программное обеспечение для решения исследовательских задач.	ИДК ПК 3.2 Выбирает технические средства и методы (из набора имеющихся) для решения поставленных задач НИР.	Знать: основные понятия и общие механизмы биоремедиации; современные биологические методы восстановления окружающей среды, базирующиеся на основных экологических принципах функционирования биотических комплексов; особенности распространения организмов в различных средах обитания, их роль в ликвидации последствий антропогенных загрязнений окружающей среды. Уметь: использовать знания в области биоремедиации для решения

		<p>экологических проблем; самостоятельно работать с учебной, научной и справочной литературой, вести информационный поиск; излагать и критически анализировать получаемую информацию.</p> <p>Владеть: информацией об основных проблемах, современном состоянии и перспективах использования биологических агентов при очистке окружающей среды.</p>
--	--	---

IV. СОДЕРЖАНИЕ И СТРУКТУРА ДИСЦИПЛИНЫ

Объем дисциплины составляет 2 зачетных единицы, 72 часа.

Из них реализуется с использованием электронного обучения и дистанционных образовательных технологий 14 часа.

Форма промежуточной аттестации: зачет.

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	Тема 1. Биоремедиация: основные понятия, преимущества, принципы	7	7		2	2	-	3	Коллоквиум
2	Тема 2. Загрязнение окружающей среды экотоксикантами. Источники загрязнения	7	7		2	2	-	3	Коллоквиум Реферат Доклад
3	Тема 3. Мониторинг сред, показатели их экологического состояния	7	7		2	2	-	3	Коллоквиум Реферат Доклад
4	Тема 4. Биотическая и абиотическая трансформация экополлютантов	7	7		2	2	-	3	Коллоквиум Реферат

									Доклад Письменная работа
5	Тема 5. Использование микроорганизмов в биоремедиационных технологиях	7	7		2	2	-	3	Коллоквиум Реферат Доклад
6	Тема 6. Фиторемедиация	7	7		2	2	-	3	Коллоквиум Реферат Доклад
7	Тема 7. Биоремедиация нефтезагрязненных сред	7	8		2	2	-	4	Коллоквиум Реферат Доклад Письменная работа Ситуационная задача
8	Тема 8. Биоремедиация атмосферы	7	7		2	2	-	3	Коллоквиум
9	Тема 9. Биоремедиация сред, загрязненных стойкими органическими соединениями, тяжелыми металлами, радионуклидами	7	7		2	2	-	3	Коллоквиум Реферат Доклад
									Зачет

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	Трудоёмкость (час.)		
7	Тема 1. Биоремедиация: основные понятия, преимущества, принципы	Подготовка к практическому занятию (коллоквиуму) с использованием конспекта лекции и рекомендуемой литературы.	3 нед.		Коллоквиум	Базы данных, информационно-справочные и поисковые системы - см. п. V. в.

Семестр	Название раздела, темы	Самостоятельная работа обучающихся			Оценочное средство	Учебно-методическое обеспечение самостоятельной работы
		Вид самостоятельной работы	Сроки выполнения	Трудоемкость (час.)		
7	Тема 2. Загрязнение окружающей среды экотоксикантами. Источники загрязнения	<p>Подготовка к практическому занятию (коллоквиуму) с использованием конспекта лекции и рекомендуемой литературы.</p> <p>Написать реферат по одной из предложенных тем: «Загрязнение окружающей среды радиоактивными элементами». «Характеристика канцерогенных веществ, загрязняющих окружающую среду». «Медицинские отходы: классификация, классы опасности, способы утилизации». «Фармацевтические отходы как актуальная экологическая проблема».</p> <p>Подготовить доклад по теме реферата и презентацию.</p> <p>Самостоятельное изучение теоретического материала по вопросам: «Источники химического загрязнения водной среды». «Источники химического загрязнения почв». «Источники загрязнения земель при подземной разработке полезных ископаемых».</p>	5 нед.	3	Коллоквиум Реферат Доклад	<p>Прикладная экобиотехнология : учеб. пособие для студ., обуч. по спец. «Биотехнология» : в 2 т. / А. Е. Кузнецов [и др.]. – М. : Бином. Лаборатория знаний, 2012. – 2 т.</p> <p>Базы данных, информационно-справочные и поисковые системы - см. п. 8 г).</p> <p>Базы данных, информационно-справочные и поисковые системы - см. п. V. в.</p>

Семестр	Название раздела, темы	Самостоятельная работа обучающихся			Оценочное средство	Учебно-методическое обеспечение самостоятельной работы
		Вид самостоятельной работы	Сроки выполнения	Трудоёмкость (час.)		
7	Тема 3. Мониторинг сред, показатели их экологического состояния	<p>Подготовка к практическому занятию (коллоквиуму) с использованием конспекта лекции и рекомендуемой литературы.</p> <p>Написать реферат по теме: «Микроорганизмы как тест-объекты для оценки токсичности химических соединений».</p> <p>Подготовить доклад по теме реферата и презентацию.</p> <p>Самостоятельное изучение теоретического материала по вопросу: «Биологическая индикация химического загрязнения».</p>	7 нед.	3	Коллоквиум Реферат Доклад	<p>Биологический контроль окружающей среды. Биоиндикация и биотестирование : Учеб. пособие для студ. вузов / О. П. Мелехова [и др.] ; ред.: О. П. Мелехова, Е. И. Егорова. – М. : Академия, 2007. – 288 с.</p> <p>Биологический контроль окружающей среды. Генетический мониторинг : учеб. пособие / ред.: С. А. Гераськин, Е. И. Сарапульцева. – М. : Академия, 2010. – 207 с.</p> <p>Биологический контроль окружающей среды. Биоиндикация и биотестирование : Учеб. пособие для студ. вузов / О. П. Мелехова [и др.] ; ред.: О. П. Мелехова, Е. И. Егорова. – М. : Академия, 2007. – 288 с.</p> <p>Базы данных, информационно-справочные и поисковые системы - см. п. V. в.</p>

Семестр	Название раздела, темы	Самостоятельная работа обучающихся			Оценочное средство	Учебно-методическое обеспечение самостоятельной работы
		Вид самостоятельной работы	Сроки выполнения	Трудоемкость (час.)		
7	Тема 4. Биотическая и абиотическая трансформация экополлютантов	<p>Подготовка к практическому занятию (коллоквиуму) с использованием конспекта лекции и рекомендуемой литературы.</p> <p>Написать реферат по одной из предложенных тем: «Микробная трансформация синтетических поверхностно-активных веществ». «Разложение микроорганизмами полиэтилентерефталата».</p> <p>Подготовить доклад по теме реферата и презентацию.</p> <p>Самостоятельная работа: рассмотреть микробное разложение гексадекана. Написать поэтапно происходящие химические реакции окисления бактериями гексадекана (в аэробных условиях). Указать ферменты, катализирующие эти реакции.</p>	9 нед.	3	Коллоквиум Реферат Доклад Письменная работа	Базы данных, информационно-справочные и поисковые системы - см. п. V. в.
7	Тема 5. Использование микроорганизмов в биоремедиационных технологиях	<p>Подготовка к практическому занятию (коллоквиуму) с использованием конспекта лекции и рекомендуемой литературы.</p> <p>Написать реферат по одной из предложенных тем: «Микробиологические методы очистки жиросодержащих стоков». «Аэробная и анаэробная микробиологическая очистка сточных вод». «Микробная утилизация твердых бытовых отходов». «Компостирование как метод переработки органических отходов». «Биодеградация отходов целлюлозно-бумажной промышленности». «Биодеградация промышленных, сельскохозяйственных и бытовых отходов в метантенках». «Возможности использования микроорганизмов для очистки радиоактивных отходов». «Вермитрансформация отходов».</p> <p>Подготовить доклад по теме реферата и презентацию.</p> <p>Самостоятельное изучение теоретического материала по вопросу: «Характеристика метаногенов».</p>	11 нед.	3	Коллоквиум Реферат Доклад	<p>Нетрусов А. И. Микробиология / А. И. Нетрусов, И. Б. Котова. – М. : Изд. центр «Академия», 2006. – 350 с.</p> <p>Экология микроорганизмов : учеб. для студ. вузов. / А. И. Нетрусов, Е. А. Бонч-Осмоловская, В. М. Горленко и др.; под ред. А. И. Нетрусова. – М. : Издательский центр «Академия», 2004. – 272 с.</p> <p>Базы данных, информационно-справочные и поисковые системы - см. п. V. в.</p>

Семестр	Название раздела, темы	Самостоятельная работа обучающихся			Оценочное средство	Учебно-методическое обеспечение самостоятельной работы
		Вид самостоятельной работы	Сроки выполнения	Трудоемкость (час.)		
7	Тема 6. Фиторемедиация	<p>Подготовка к практическому занятию (коллоквиуму) с использованием конспекта лекции и рекомендуемой литературы.</p> <p>Написать реферат по одной из предложенных тем: «Фиторемедиация почв, загрязненных тяжелыми металлами». «Применение растений для очистки сточных вод от загрязнений радионуклидами». «Использование микроводорослей для очистки сточных вод». «Растения – гипераккумуляторы токсичных соединений».</p> <p>Подготовить доклад по теме реферата и презентацию.</p>	13 нед.	3	Коллоквиум Реферат Доклад	<p>Прикладная экобиотехнология : учеб. пособие для студ., обуч. по спец. «Биотехнология» : в 2 т. / А. Е. Кузнецов [и др.]. – М. : Бинум. Лаборатория знаний, 2012. – 2 т</p> <p>Базы данных, информационно-справочные и поисковые системы - см. п. V. в.</p>
7	Тема 7. Биоремедиация нефтезагрязненных сред	<p>Подготовка к практическому занятию (коллоквиуму) с использованием конспекта лекции и рекомендуемой литературы.</p> <p>Написать реферат по одной из предложенных тем: «Нефтьшлямы: характеристика, основные методы переработки». «Микробное разложение полиароматических углеводородов».</p> <p>Подготовить доклад по теме реферата и презентацию.</p> <p>Ситуационная задача: В мае произошел разлив нефти в лесотундровой зоне. Перед Вами стоит задача провести очистку загрязненной нефтью территории, используя, в том числе биоремедиационные технологии. Распишите последовательность проводимых мероприятий.</p> <p>Самостоятельное изучение теоретического материала по вопросу: «Нефть: химический состав, токсичность и биodeградальность отдельных компонентов».</p>	15 нед.	4	Коллоквиум Реферат Доклад Письменная работа Ситуационная задача	<p>Экологический мониторинг нефтегазовой отрасли. Физико-химические и биологические методы : учеб. пособие / М. Н. Саксонов [и др.] ; Иркутский гос. ун-т. – Иркутск : Изд-во ИГУ, 2007. – 114 с.</p> <p>Прикладная экобиотехнология : учеб. пособие для студ., обуч. по спец. «Биотехнология» : в 2 т. / А. Е. Кузнецов [и др.]. – М. : Бинум. Лаборатория знаний, 2012. – 2 т.</p> <p>Базы данных, информационно-справочные и поисковые системы - см. п. V. в.</p>

Семестр	Название раздела, темы	Самостоятельная работа обучающихся			Оценочное средство	Учебно-методическое обеспечение самостоятельной работы
		Вид самостоятельной работы	Сроки выполнения	Трудоемкость (час.)		
7	Тема 8. Биоремедиация атмосферы	Подготовка к практическому занятию (коллоквиуму) с использованием конспекта лекции и рекомендуемой литературы. Самостоятельное изучение теоретического материала по вопросу: «Характеристика прокариот, входящих в состав бактериального газового фильтра».	16 нед.	3	Коллоквиум	Базы данных, информационно-справочные и поисковые системы - см. п. V. в.
7	Тема 9. Биоремедиация сред, загрязненных стойкими органическими соединениями, тяжелыми металлами, радионуклидами	Подготовка к практическому занятию (коллоквиуму) с использованием конспекта лекции и рекомендуемой литературы. Написать реферат по одной из предложенных тем: «Роль микроорганизмов в разложении пестицидов в почвах». «Трансформации лигноцеллюлозных субстратов грибами». «Роль микроорганизмов в трансформации соединений мышьяка». «Роль микроорганизмов в трансформации соединений ртути». Подготовить доклад по теме реферата и презентацию.	17 нед.	3	Коллоквиум Реферат Доклад	Прикладная экобиотехнология : учеб. пособие для студ., обуч. по спец. «Биотехнология» : в 2 т. / А. Е. Кузнецов [и др.]. – М. : Бином. Лаборатория знаний, 2012. – 2 т. Базы данных, информационно-справочные и поисковые системы - см. п. V. в.
Общий объем самостоятельной работы по дисциплине (час) – 28						
Из них объем самостоятельной работы с использованием электронного обучения и дистанционных образовательных технологий (час) – 6						

Содержание учебного материала

Тема 1. Биоремедиация: основные понятия, преимущества, принципы

Определение понятия биоремедиация. Место биоремедиации в системе мероприятий по очистке сред. Принципы биоремедиации. Основные биологические агенты, используемые в биоремедиации. Преимущества использования биологических агентов при очистке окружающей среды. Подходы, используемые в биоремедиации: биостимуляция и биоаугментация. Методы *ex situ* и *in situ*. Освоение биоремедиационных технологий в различных средах.

Тема 2. Загрязнение окружающей среды экотоксикантами. Источники загрязнения

Классификация ксенобиотиков. Ксенобиотический профиль биогеоценоза. Промышленные и сельскохозяйственные предприятия как источник загрязнения. Основные экополлютанты (загрязнители) окружающей среды (воздуха, воды, почвы). Длительность персистирования экотоксикантов.

Тема 3. Мониторинг сред, показатели их экологического состояния

Определение допустимого уровня загрязнения поллютантами различных сред. Биоиндикация и битестирование загрязнений. Мониторинг: методы и экономические затраты.

Тема 4. Биотическая и абиотическая трансформация экополлютантов

Абиотическая трансформация экополлютантов: фотолиз, гидролиз, окисление. Биоаккумуляция. Биотическая трансформация. Механизмы окисления углеводов микроорганизмами. Микробное разложение пестицидов. Метаболизм ксенобиотиков в организме человека, теплокровных, растений.

Тема 5. Использование микроорганизмов в биоремедиационных технологиях

Микробная ремедиация. Микроорганизмы как важнейшие биогенты в биоремедиации. Технологии с использованием аэробных и анаэробных микроорганизмов. Сорбционно-биологические методы. Интенсивные методы микробной ремедиации. Использование микробных консорциумов. Микробиологические препараты комплексного действия. Применение технологий микробной ремедиации.

Тема 6. Фиторемедиация

Общие основы фиторемедиации. Механизмы фиторемедиации. Фитоэкстракция (фитоаккумуляция). Растения-гипераккумуляторы. Использование фитоэкстракции для очистки окружающей среды от тяжелых металлов и органических загрязнителей. Фитофльтрация (ризофльтрация, бластофльтрация) и ее применение для очистки сточных вод от тяжелых металлов. Фитоволятилизация. Ризоремедиация. Фитодеградация. Использование трансгенных растений для очистки почв, грунтовых вод от загрязнителей.

Тема 7. Биоремедиация нефтезагрязненных сред

Проблема загрязнения окружающей среды нефтью и нефтепродуктами. Нефть: химический состав, токсичность и биодegradабельность отдельных компонентов. Предельно допустимые концентрации (ПДК) углеводородов нефти и методы контроля за их содержанием. Процессы самоочищения нефтезагрязненных сред. Методы восстановления нефтезагрязненных почвенных экосистем. Биоремедиация как основа восстановления нефтезагрязненных почв. Технологии рекультивации почв *ex situ* и *in situ*. Активация аборигенной нефтеокисляющей микрофлоры нефтезагрязненной почвы. Использование микробиологических препаратов для ликвидации нефтезагрязнений.

Факторы, влияющие на скорость биоразложения углеводородов нефти. Проблемы использования биоремедиационных технологий для очистки от нефтяных загрязнений в водных экосистемах.

Тема 8. Биоремедиация атмосферы

Бактериальный газовый (окислительный) фильтр. Группировки микроорганизмов, входящие в состав бактериального газового фильтра: метанотрофы, карбоксибактерии, водородные, нитрифицирующие бактерии, серобактерии, цианобактерии, углеводородокисляющие микроорганизмы, окисляющие летучие углеводороды. Методы микробиологической очистки воздуха. Подбор микроорганизмов для разложения загрязняющих веществ. Биофльтрация. Принцип действия биофильтра. Абсорбционно-биохимические методы. Принцип функционирования биоскрубберов. Биореакторы с омываемым слоем. Фитотехнологии для очистки воздуха.

Тема 9. Биоремедиация сред, загрязненных стойкими органическими соединениями, тяжелыми металлами, радионуклидами

Загрязнение почв стойкими органическими соединениями и тяжелыми металлами. Рациональное комплексирование методов очистки грунтов от загрязнений. Биологические методы очистки промышленных и бытовых сточных вод. Типы сооружений и процессов по биологической очистке стоков (аэробные, анаэробные и смешанные). Современные методы очистки грунтовых вод. Микробиологическая очистка радиоактивных отходов.

4.3.1. Перечень семинарских, практических занятий и лабораторных работ

№ п/п	№ раздела и темы	Наименование семинаров, <u>практических</u> 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	Биоремедиация: основные понятия, преимущества, принципы	2		Коллоквиум	ПК-3 <i>ИДК ПК 3.2</i>
2.	Тема 2	Загрязнение окружающей среды экотоксикантами. Источники загрязнения	2		Коллоквиум Реферат Доклад	ПК-3 <i>ИДК ПК 3.2</i>
3.	Тема 3	Мониторинг сред, показатели их экологического состояния	2		Коллоквиум Реферат Доклад	ПК-3 <i>ИДК ПК 3.2</i>
4.	Тема 4	Биотическая и абиотическая трансформация экополлютантов	2		Коллоквиум Реферат Доклад	ПК-3 <i>ИДК ПК 3.2</i>
5.	Тема 5	Использование микроорганизмов в биоремедиационных технологиях	2		Коллоквиум Реферат Доклад	ПК-3 <i>ИДК ПК 3.2</i>
6.	Тема 6	Фиторемедиация	2		Коллоквиум Реферат Доклад	ПК-3 <i>ИДК ПК 3.2</i>

7.	Тема 7	Биоремедиация нефтезагрязненных сред	2		Коллоквиум Реферат Доклад	ПК-3 <i>ИДК ПК 3.2</i>
8.	Тема 8	Биоремедиация атмосферы	2		Коллоквиум Реферат Доклад	ПК-3 <i>ИДК ПК 3.2</i>
9.	Тема 9	Биоремедиация сред, загрязненных стойкими органическими соединениями, тяжелыми металлами, радионуклидами	2		Коллоквиум Реферат Доклад	ПК-3 <i>ИДК ПК 3.2</i>

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

1	Тема	Задание	Формируемая компетенция	ИДК
2	Тема 2. Загрязнение окружающей среды экотоксикантами. Источники загрязнения	Изучить теоретический материал по вопросам: «Источники химического загрязнения водной среды». «Источники химического загрязнения почв». «Источники загрязнения земель при подземной разработке полезных ископаемых».	ПК-3	<i>ИДК ПК 3.2</i>
1.	Тема 3. Мониторинг сред, показатели их экологического состояния	Изучить теоретический материал по вопросу: «Биологическая индикация химического загрязнения».	ПК-3	<i>ИДК ПК 3.2</i>
2.	Тема 4. Биотическая и абиотическая трансформация экополлютантов	Самостоятельная работа: рассмотреть микробное разложение гексадекана. Написать поэтапно происходящие химические реакции окисления бактериями гексадекана (в аэробных условиях). Указать ферменты, катализирующие эти реакции.	ПК-3	<i>ИДК ПК 3.2</i>
3.	Тема 5. Использование микроорганизмов в биоремедиационных технологиях	Изучить теоретический материал по вопросу: «Характеристика метаногенов».	ПК-3	<i>ИДК ПК 3.2</i>
4.	Тема 7. Биоремедиация нефтезагрязненных сред	Изучить теоретический материал по вопросу: «Нефть: химический состав, токсичность и биodeградальность отдельных компонентов».	ПК-3	<i>ИДК ПК 3.2</i>
5.	Тема 8. Биоремедиация атмосферы	Изучить теоретический материал по вопросу: «Характеристика прокариот, входящих в состав бактериального газового фильтра».	ПК-3	<i>ИДК ПК 3.2</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, зачетам и экзаменам.

Для организации самостоятельной работы по дисциплине «Биоремедиация» используются следующие формы самостоятельной учебной работы:

- Работа над конспектом лекции.
- Подбор, изучение, анализ рекомендованной литературы.
- Самостоятельное изучение отдельных вопросов в рамках определенных тем, не изложенных в лекции.
- Написание рефератов.
- Подготовка докладов с презентацией.
- Выполнение письменных работ.
- Подготовка к зачету.

Реферат – форма письменной работы, которую рекомендуется применять при освоении вариативных (профильных) дисциплин профессионального цикла. Представляет собой краткое изложение содержания научных трудов, литературы по определенной теме. Объем реферата может достигать 15-20 стр.; время, отводимое на его подготовку – от 2 недель до месяца. Подготовка реферата подразумевает самостоятельное изучение студентом нескольких литературных источников (учебников, монографий, научных статей и т.д.) по определённой теме, не рассматриваемой подробно на лекции, систематизацию материала и краткое его изложение. Цель написания реферата – привитие студенту навыков краткого и лаконичного представления собранных материалов и фактов в соответствии с требованиями, предъявляемыми к научным отчетам, обзорам и статьям.

Структура реферата включает:

- Титульный лист.
- Содержание.
- Введение, где кратко формулируется проблема, цель и задачи реферата.
- Основная часть работы состоит из нескольких разделов, в которых излагается суть темы реферата.
- Заключение.
- Список использованной литературы.

При оформлении реферата следует придерживаться технических требований, предъявляемых к рефератам и курсовым работам, имеющихся на кафедре.

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 реферата:

- Оценка «отлично» выставляется в том случае, если в реферате полностью раскрыта тема, проанализировано современное состояние вопроса, материал изложен логично, последовательно, приведено не менее 10 литературных источников (среди которых преобладает литература за последние 5 лет), реферат оформлен в соответствии с техническими требованиями, предъявляемыми к такого рода работам.

- Оценка «хорошо» - тема раскрыта, приведено достаточное количество материала, но при этом материал в недостаточной степени проанализирован автором, оформление реферата соответствует техническим требованиям.

- Оценка «удовлетворительно» - тема раскрыта поверхностно, материал приведен

как простая констатация фактов, не проанализирован, в оформлении имеются технические недостатки, список литературы содержит менее 5 источников.

- Оценка «неудовлетворительно» - тема не раскрыта, скудный объем приведенных материалов.

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 основная литература

1. Прикладная экибиотехнология : учеб. пособие для студ., обуч. по спец. «Биотехнология» : в 2 т. / А. Е. Кузнецов [и др.]. – М. : Бином. Лаборатория знаний, 2012. – 2 т.
2. Биологический контроль окружающей среды. Биоиндикация и биотестирование : Учеб. пособие для студ. вузов / О. П. Мелехова [и др.] ; ред.: О. П. Мелехова, Е. И. Егорова. – М. : Академия, 2007. – 288 с.
3. Экологический мониторинг нефтегазовой отрасли. Физико-химические и биологические методы : учеб. пособие / М. Н. Саксонов [и др.] ; Иркутский гос. ун-т. – Иркутск : Изд-во ИГУ, 2007. – 114 с.

дополнительная литература

1. Биологический контроль окружающей среды. Генетический мониторинг : учеб. пособие / ред.: С. А. Гераськин, Е. И. Сарапульцева. – М. : Академия, 2010. – 207 с.
2. Нетрусов А. И. Микробиология / А. И. Нетрусов, И. Б. Котова. – М. : Изд. центр «Академия», 2006. – 350 с.
3. Экология микроорганизмов : учеб. для студ. вузов. / А. И. Нетрусов, Е. А. Бонч-Осмоловская, В. М. Горленко и др.; под ред. А. И. Нетрусова. – М. : Издательский центр «Академия», 2004. – 272 с.

б) список авторских методических разработок:

Учебно-методические материалы (лекции-презентации по темам дисциплины, вопросы для подготовки к коллоквиумам, задания для самостоятельной работы), размещенные в ЭИОС ИГУ - <https://educa.isu.ru>.

в) базы данных, информационно-справочные и поисковые системы

1. Научная Электронная Библиотека <http://www.e-library.ru>
2. Информационная система «Единое окно доступа к образовательным ресурсам» (<http://window.edu.ru>)
3. ЭЧЗ «БиблиоТех». Адрес доступа: <https://isu.bibliotech.ru>
4. ЭБС «Издательство «Лань». Адрес доступа: <http://e.lanbook.com>
5. ЭБС «Руконт». Адрес доступа: <http://rucont.ru>
6. ЭБС «Айбукс». Адрес доступа: <http://ibooks.ru>
7. ЭБС «ЮРАЙТ». Адрес доступа: <https://www.biblio-online.ru/>
8. <http://www.fptl.ru/biblioteka/biotehnologiya.html>
9. <http://www.medbook.net.ru/010512.shtml>
10. Союз образовательных сайтов - Естественные науки
11. <http://tusearch.blogspot.com> - Поиск электронных книг, публикаций, законов, ГОСТов на сайтах научных электронных библиотек.
12. Google Scholar –Поисковая система по научной литературе.
13. Science Research Portal - Научная поисковая система, осуществляющая полнотекстовый поиск в журналах многих крупных научных издательств, таких как Elsevier, Highwire, IEEE, Nature, Taylor & Francis и др. Ищет статьи и документы в открытых научных базах данных: Directory of Open Access Journals, Library of Congress Online Catalog, Science.gov и Scientific News.

VI. МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ**6.1. Учебно-лабораторное оборудование:**

Аудитория для проведения занятий лекционного типа: оборудована специализированной (учебной) мебелью на 66 посадочных мест; техническими средствами обучения, служащими для представления учебной информации большой аудитории по дисциплине «Биоремедиация»: проектор Epson EB-X03, экран Digis; учебно-наглядными пособиями: 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.; проектор BenQ MX503; экран ScreenVtdiaEcot. С неограниченным доступом к сети Интернет и обеспечением доступа в электронную информационно-образовательную среду организации.

Помещение для хранения и профилактического обслуживания учебного оборудования: аудитория оборудована специализированной мебелью на 6 посадочных мест; ноутбук «Asus-K52DR» - 1 шт., ноутбук Lenovo G580 – 1 шт.

6.2. Программное обеспечение:

Kaspersky Endpoint Security для бизнеса - Стандартный Russian Edition;

Foxit PDF Reader 8.0;

LibreOffice 5.2.2.2;

Ubuntu 14.0;

АСТ-Тест Plus 4.0 (на 75 одновременных подключений) и Мастер-комплект (АСТ-Maker и АСТ-Converter).

6.3. Технические и электронные средства:

Презентации к лекциям по всем разделам и темам дисциплины.

VII. ОБРАЗОВАТЕЛЬНЫЕ ТЕХНОЛОГИИ

Для освоения дисциплины «Биоремедиация» применяются следующие образовательные технологии:

- *Информационная лекция.* Лекция – это сжатое изложение основных научных фактов, что является базой для анализа рассуждений, оценок.

- *Лекция-визуализация.* Учит студентов преобразовывать устную и письменную информацию в визуальную форму, что формирует у них профессиональное мышление за счет систематизации и выделения наиболее значимых, существенных элементов содержания обучения. Задача преподавателя использовать такие формы наглядности, которые не только дополняют словесную информацию, но и сами являются носителями информации (схемы, рисунки, слайды-презентации, и т.п.). Этот вид лекции лучше всего использовать на этапе введения студентов в новый раздел, тему дисциплины.

- *Проблемная лекция.* В отличие от содержания информационной лекции, которое предлагается преподавателем в виде известного, подлежащего лишь запоминанию материала, на проблемной лекции новое знание вводится как неизвестное для обучающихся. Проблемная лекция начинается с вопросов, с постановки проблемы, которую в ходе изложения материала необходимо решить. Лекция строится таким образом, что познания обучающегося приближаются к поисковой, исследовательской деятельности. Здесь участвуют мышление обучающегося и его личностное отношение к усваиваемому материалу.

- *Лекция-беседа.* Предполагает непосредственный контакт преподавателя с аудиторией. Преимущество лекции-беседы состоит в том, что она позволяет привлекать внимание студентов к наиболее важным вопросам темы, определять содержание и темп изложения учебного материала с учетом особенностей студентов.

- *Коллоквиумы* – вид учебного занятия, проводимого с целью проверки и оценивания знаний учащихся. Коллоквиум может проводиться в форме индивидуальной беседы преподавателя со студентом или как массовый опрос. В ходе группового обсуждения студенты учатся высказывать свою точку зрения по определенному вопросу, защищать свое мнение, применяя знания, полученные на занятиях по предмету. В ходе коллоквиума также проверяются рефераты, другие письменные работы студентов, проводится заслушивание докладов.

- *Самостоятельная работа студентов* (см. п. 4.4).

- *Дистанционные образовательные технологии.* Под дистанционными образовательными технологиями понимаются образовательные технологии, реализуемые

в основном с применением информационно-телекоммуникационных сетей. При освоении дисциплины «Биоремедиация» используются следующие технологии:

- кейсовая технология – форма дистанционного обучения, основанная на предоставлении обучающимся информационных образовательных ресурсов в виде специализированных наборов учебно-методических комплексов с использованием различных видов носителей информации (кейсов);
- интернет-технология – способ дистанционной передачи информации, основанный на использовании глобальных и локальных компьютерных сетей для обеспечения доступа обучающихся к информационным образовательным ресурсам и для формирования совокупности методических, организационных, технических и программных средств реализации и управления учебным процессом независимо от места нахождения его субъектов. Используется Образовательный портал ИГУ - educa.isu.ru.

VIII. ОЦЕНОЧНЫЕ МАТЕРИАЛЫ ДЛЯ ТЕКУЩЕГО КОНТРОЛЯ И ПРОМЕЖУТОЧНОЙ АТТЕСТАЦИИ

В качестве оценочных средств для входного контроля оценки уровня знаний студентов используется собеседование. В процессе собеседования оценивается уровень владения базовыми знаниями, умениями, навыками, необходимыми для начала обучения, определяется степень владения новым материалом до начала его изучения.

Оценочные материалы текущего контроля формируются в соответствии с ЛНА университета.

В рамках дисциплины «Биоремедиация» используются следующие формы текущего контроля:

- коллоквиум;
- реферат;
- доклад;
- письменная работа;
- ситуационная задача;
- контроль самостоятельной работы.

Фонд оценочных средств включает:

- тематика и вопросы к коллоквиумам;
- перечень тем рефератов/докладов;
- тематика и материалы заданий для выполнения письменных работ;
- задание для ситуационной задачи;
- вопросы для самостоятельного изучения (СРС);
- вопросы для зачета;
- критерии оценки знаний студентов.

Назначение оценочных средств: выявить сформированность компетенции ПК-3 (см. п. III).

Темы рефератов

1. Загрязнение окружающей среды радиоактивными элементами.
2. Характеристика канцерогенных веществ, загрязняющих окружающую среду.
3. Медицинские отходы: классификация, классы опасности, способы утилизации.
4. Фармацевтические отходы как актуальная экологическая проблема.
5. Микроорганизмы как тест-объекты для оценки токсичности химических соединений.
6. Микробная трансформация синтетических поверхностно-активных веществ.
7. Разложение микроорганизмами полиэтилентерефталата.
8. Микробиологические методы очистки жиродержащих стоков.

9. Аэробная и анаэробная микробиологическая очистка сточных вод.
10. Микробная утилизация твердых бытовых отходов.
11. Компостирование как метод переработки органических отходов.
12. Биодеграляция отходов целлюлозно-бумажной промышленности.
13. Биодеграляция промышленных, сельскохозяйственных и бытовых отходов в метантенках.
14. Возможности использования микроорганизмов для очистки радиоактивных отходов.
15. Вермитрансформация отходов.
16. Фиторемедиация почв, загрязненных тяжелыми металлами».
17. Применение растений для очистки сточных вод от загрязнений радионуклидами.
18. Использование микроводорослей для очистки сточных вод.
19. Нефтешламы: характеристика, основные методы переработки.
20. Микробное разложение полиароматических углеводородов.
21. Роль микроорганизмов в разложении пестицидов в почвах».
22. Трансформации лигноцеллюлозных субстратов грибами».
23. Роль микроорганизмов в трансформации соединений мышьяка.
24. Роль микроорганизмов в трансформации соединений ртути.

Вопросы для подготовки к коллоквиумам

Тема 1. Биоремедиация: основные понятия, преимущества, принципы

1. Определение понятия биоремедиация. Место биоремедиации в системе мероприятий по очистке сред. Принципы биоремедиации.
2. Основные биологические агенты, используемые в биоремедиации. Преимущества использования биологических агентов при очистке окружающей среды.
3. Подходы, используемые в биоремедиации: биостимуляция и биоаугментация. Методы *ex situ* и *in situ*.
4. Освоение биоремедиационных технологий в различных средах.

Тема 2. Загрязнение окружающей среды экотоксикантами. Источники загрязнения

1. Классификация ксенобиотиков.
2. Ксенобиотический профиль биогеоценоза.
3. Промышленные и сельскохозяйственные предприятия как источник загрязнения.
4. Основные экополлютанты (загрязнители) окружающей среды (воздуха, воды, почвы). Длительность персистирования экотоксикантов.
5. Защита рефератов (доклад + презентация):
 «Загрязнение окружающей среды радиоактивными элементами».
 «Характеристика канцерогенных веществ, загрязняющих окружающую среду».
 «Медицинские отходы: классификация, классы опасности, способы утилизации».
 «Фармацевтические отходы как актуальная экологическая проблема».

Тема 3. Мониторинг сред, показатели их экологического состояния

1. Определение допустимого уровня загрязнения поллютантами различных сред.
2. Биоиндикация и битестирование загрязнений.
3. Защита реферата (доклад + презентация): «Микроорганизмы как тест-объекты для оценки токсичности химических соединений».

Тема 4. Биотическая и абиотическая трансформация экополлютантов

1. Абиотическая трансформация экополлютантов: фотолиз, гидролиз, окисление.
2. Биоаккумуляция.
3. Биотическая трансформация.

4. Механизмы окисления углеводов микроорганизмами.
5. Микробное разложение пестицидов.
6. Метаболизм ксенобиотиков в организме человека, теплокровных, растений.
7. Защита рефератов (доклад + презентация):
«Микробная трансформация синтетических поверхностно-активных веществ».
«Разложение микроорганизмами полиэтилентерефталата».

Тема 5. Использование микроорганизмов в биоремедиационных технологиях

1. Микробная ремедиация. Микроорганизмы как важнейшие биоагенты в биоремедиации.
2. Технологии с использованием аэробных и анаэробных микроорганизмов. Сорбционно-биологические методы.
3. Интенсивные методы микробной ремедиации. Использование микробных консорциумов. Микробиологические препараты комплексного действия.
4. Применение технологий микробной ремедиации.
5. Защита рефератов (доклад + презентация):
«Микробиологические методы очистки жиросодержащих стоков».
«Аэробная и анаэробная микробиологическая очистка сточных вод».
«Микробная утилизация твердых бытовых отходов».
«Компостирование как метод переработки органических отходов».
«Биодеградация отходов целлюлозно-бумажной промышленности».
«Биодеградация промышленных, сельскохозяйственных и бытовых отходов в метантенках».
«Возможности использования микроорганизмов для очистки радиоактивных отходов».
«Вермитрансформация отходов».

Тема 6. Фиторемедиация

1. Общие основы фиторемедиации.
2. Механизмы фиторемедиации. Фитоэкстракция (фитоаккумуляция). Растения-гипераккумуляторы. Использование фитоэкстракции для очистки окружающей среды от тяжелых металлов и органических загрязнителей.
3. Фитофилтрация (ризофилтрация, бластофилтрация) и ее применение для очистки сточных вод от тяжелых металлов.
4. Фитоволятилизация.
5. Ризоремедиация. Фитодеградация.
6. Использование трансгенных растений для очистки почв, грунтовых вод от загрязнителей.
7. Защита рефератов (доклад + презентация):
«Фиторемедиация почв, загрязненных тяжелыми металлами».
«Применение растений для очистки сточных вод от загрязнений радионуклидами».
«Использование микроводорослей для очистки сточных вод».
«Растения – гипераккумуляторы токсичных соединений».

Тема 7. Биоремедиация нефтезагрязненных сред

1. Проблема загрязнения окружающей среды нефтью и нефтепродуктами. Нефть: химический состав, токсичность и биодegradабельность отдельных компонентов. Предельно допустимые концентрации (ПДК) углеводородов нефти и методы контроля за их содержанием.
2. Процессы самоочищения нефтезагрязненных сред.

3. Методы восстановления нефтезагрязненных почвенных экосистем. Биоремедиация как основа восстановления нефтезагрязненных почв.
4. Технологии рекультивации почв *ex situ* и *in situ*. Активация аборигенной нефтеокисляющей микрофлоры нефтезагрязненной почвы. Использование микробиологических препаратов для ликвидации нефтезагрязнений.
5. Факторы, влияющие на скорость биоразложения углеводородов нефти.
6. Проблемы использования биоремедиационных технологий для очистки от нефтяных загрязнений в водных экосистемах.
7. Защита рефератов (доклад + презентация):
«Нефтешламы: характеристика, основные методы переработки».
«Микробное разложение полиароматических углеводородов».

Тема 8. Биоремедиация атмосферы

1. Бактериальный газовый (окислительный) фильтр.
2. Группировки микроорганизмов, входящие в состав бактериального газового фильтра: метанотрофы, карбоксидобактерии, водородные, нитрифицирующие бактерии, серобактерии, цианобактерии, углеводородокисляющие микроорганизмы, окисляющие летучие углеводороды.
3. Методы микробиологической очистки воздуха. Подбор микроорганизмов для разложения загрязняющих веществ.
4. Биофльтрация. Принцип действия биофильтра.
5. Абсорбционно-биохимические методы.
6. Принцип функционирования биоскрубберов.
7. Биореакторы с омываемым слоем.
8. Фитотехнологии для очистки воздуха.

Тема 9. Биоремедиация сред, загрязненных стойкими органическими соединениями, тяжелыми металлами, радионуклидами

1. Загрязнение почв стойкими органическими соединениями и тяжелыми металлами.
2. Рациональное комплексирование методов очистки грунтов от загрязнений.
3. Биологические методы очистки промышленных и бытовых сточных вод. Типы сооружений и процессов по биологической очистке стоков (аэробные, анаэробные и смешанные).
4. Современные методы очистки грунтовых вод.
5. Микробиологическая очистка радиоактивных отходов.
6. Защита рефератов (доклад + презентация):
«Роль микроорганизмов в разложении пестицидов в почвах».
«Трансформации лигноцеллюлозных субстратов грибами».
«Роль микроорганизмов в трансформации соединений мышьяка».
«Роль микроорганизмов в трансформации соединений ртути».

Оценочные материалы для промежуточной аттестации в форме зачета.

Форма промежуточной аттестации – **зачет** в форме собеседования, при оценке ответа учитываются подготовленные студентом реферат, доклад и презентация по избранной теме, участие в коллоквиумах, выполнение самостоятельной работы. ОС этого типа должны выявлять степень освоения теоретических знаний как базу для формирования компетенций, умения их применять в ситуациях, моделирующих профессиональную деятельность, а также сформированность заявленной в п. 3 компетенции: ПК-3.

Примерный список вопросов к зачету

1. Определение понятия биоремедиация. Место биоремедиации в системе мероприятий по очистке сред. Принципы и преимущества биоремедиации. Основные биологические агенты, используемые в биоремедиации.
2. Подходы, используемые в биоремедиации: биостимуляция и биоаугментация. Методы *ex situ* и *in situ*.
3. Классификация ксенобиотиков. Ксенобиотический профиль биогеоценоза. Промышленные и сельскохозяйственные предприятия как источник загрязнения. Основные экополлютанты (загрязнители) окружающей среды (воздуха, воды, почвы).
4. Определение допустимого уровня загрязнения поллютантами различных сред. Биоиндикация и битестирование загрязнений.
5. Абиотическая трансформация экополлютантов: фотолиз, гидролиз, окисление.
6. Биоаккумуляция.
7. Биотическая трансформация. Механизмы окисления углеводов микроорганизмами.
8. Микробное разложение пестицидов.
9. Метаболизм ксенобиотиков в организме человека, теплокровных, растений.
10. Микробная ремедиация. Микроорганизмы как важнейшие биогенты в биоремедиации.
11. Технологии с использованием аэробных и анаэробных микроорганизмов. Сорбционно-биологические методы. Интенсивные методы микробной ремедиации.
12. Использование микробных консорциумов. Микробиологические препараты комплексного действия.
13. Применение технологий микробной ремедиации.
14. Фиторемедиация. Механизмы фиторемедиации. Фитоэкстракция (фитоаккумуляция). Растения-гипераккумуляторы. Использование фитоэкстракции для очистки окружающей среды от тяжелых металлов и органических загрязнителей.
15. Фитофльтрация (ризофльтрация, бластофльтрация) и ее применение для очистки сточных вод от тяжелых металлов.
16. Фитоволятилизация.
17. Ризоремедиация. Фитодеградация.
18. Использование трансгенных растений для очистки почв, грунтовых вод от загрязнителей.
19. Биоремедиация нефтезагрязненных сред. Проблема загрязнения окружающей среды нефтью и нефтепродуктами. Нефть: химический состав, токсичность и биодegradабельность отдельных компонентов. Предельно допустимые концентрации (ПДК) углеводородов нефти и методы контроля за их содержанием.
20. Процессы самоочищения нефтезагрязненных сред.
21. Методы восстановления нефтезагрязненных почвенных экосистем. Биоремедиация как основа восстановления нефтезагрязненных почв. Технологии рекультивации почв *ex situ* и *in situ*. Активация аборигенной нефтеокисляющей микрофлоры нефтезагрязненной почвы.


22. Использование микробиологических препаратов для ликвидации нефтезагрязнений. Факторы, влияющие на скорость биоразложения углеводов нефти.
23. Проблемы использования биоремедиационных технологий для очистки от нефтяных загрязнений в водных экосистемах.
24. Биоремедиация атмосферы. Бактериальный газовый (окислительный) фильтр. Группировки микроорганизмов, входящие в состав бактериального газового фильтра: метанотрофы, карбоксидобактерии, водородные, нитрифицирующие бактерии, серобактерии, цианобактерии, углеводородокисляющие микроорганизмы, окисляющие летучие углеводороды.
25. Методы микробиологической очистки воздуха. Подбор микроорганизмов для разложения загрязняющих веществ. Биофльтрация. Принцип действия биофильтра. Абсорбционно-биохимические методы. Принцип функционирования биоскрubberов. Биореакторы с омываемым слоем.
26. Фитотехнологии для очистки воздуха.
27. Биоремедиация сред, загрязненных стойкими органическими соединениями, тяжелыми металлами, радионуклидами. Рациональное комплексирование методов очистки грунтов от загрязнений.
28. Биологические методы очистки промышленных и бытовых сточных вод. Типы сооружений и процессов по биологической очистке стоков (аэробные, анаэробные и смешанные).
29. Современные методы очистки грунтовых вод.
30. Микробиологическая очистка радиоактивных отходов.

Разработчики:



 (подпись)

профессор Д. И. Стом



 (подпись)

доцент О. Ф. Вятчина

Программа составлена в соответствии с требованиями ФГОС ВО по направлению 05.03.06 «Экология и природопользование», профиль «Экологическая экспертиза».

Программа рассмотрена на заседании кафедры зоологии и экологии
 «01» апреля 2026 г.

Протокол № 1

Зав. кафедрой  А. Н. Матвеев

Программа рассмотрена на заседании кафедры микробиологии

«01» апреля 2026 г.

Протокол № 1

Зав. кафедрой  О. Ф. Вятчина

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