

МИНОБРНАУКИ РОССИИ
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования
«Костромской государственный университет»
(КГУ)

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ)

БИОРЕМЕДИАЦИЯ

Направление подготовки 06.03.01 Биология
направленность *Экологические биотехнологии*

Квалификация выпускника: бакалавр

Кострома

2023

Рабочая программа дисциплины «Биоремедиация» разработана в соответствии с Федеральным государственным образовательным стандартом высшего образования направления подготовки 06.03.01 – Биология, приказ № 920 от 07.08.2020

Разработал: Марамохин Э.В., преподаватель кафедры биологии и экологии

Рецензент:

Беляев Андрей Владиславович, директор департамента природных ресурсов и охраны окружающей среды Костромской области

ПРОГРАММА УТВЕРЖДЕНА:

Заведующий кафедрой биологии и экологии:

Сиротина М.В., д.б.н., доцент

Протокол заседания кафедры №_11__ от _20.04.2023 г.

1. Цели и задачи освоения дисциплины

Целью освоения дисциплины «Биоремедиация» является формирование у студентов современных представлений и знаний о направленных экологически безопасных биотехнологических процессах, связанных с очисткой окружающей среды от техногенных загрязнений, деградацией различного характера загрязнений, биопереработкой отходов и производством экологически чистой продукции.

Задачи дисциплины:

- сформировать системное представление о новейших технологиях, биотехнологических процессах и системах, ориентированных на защиту окружающей среды и рациональное природопользование;
- рассмотреть основы получения биопрепаратов на основе микроорганизмов для очистки природных сред;
- дать представление о факторах, влияющих на процессы биodeградации и технологиях биodeградации, фиторемедиации и ризоремедиации;
- систематизировать знания о современных методах очистки промышленных и природных загрязненных водных сред, биоремедиации почв, очистке и дезодорации газовоздушных выбросов;
- рассмотреть экологически безопасные процессы воспроизводства энергоносителей, биоудобрений и другой ценной продукции, в том числе биопластиков, биodeградируемых пленок и оболочек.

2. Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине

В результате освоения дисциплины обучающийся должен:

освоить компетенции:

- **ПК-2** Способен осуществлять экологическую оценку состояния поднадзорных территорий и возможности применения на них природоохранных биотехнологий.
- **ПК-3** Способен к составлению прогнозных оценок влияния хозяйственной деятельности человека на состояние окружающей среды с применением природоохранных биотехнологий.

Код и содержание индикаторов компетенции:

ПК-2.1. Способен осуществлять планирование работ, определение границ территорий и объектов мониторинга поднадзорных территорий, организует мониторинг поднадзорных территорий с применением природоохранных биотехнологий

ПК-2.2. Способен проводить сбор с поднадзорных территорий природных образцов (забор проб воды, почвы, воздуха и биологических объектов для оценки экологического состояния поднадзорных территорий) анализы отобранных природных образцов с использованием аналитического лабораторного оборудования

ПК-2.3. Способен осуществлять проведение бактериологических и токсикологических исследований природных образцов

ПК-2.4. Способен проводить статистический анализ полученных данных о состоянии поднадзорных территорий, применяя современные информационные технологии

ПК-3.1 Способен производить оценку степени ущерба и деградации природной среды

ПК-3.3 Способен использовать методы экологического мониторинга и основы природоохранных биотехнологий для решения профессиональных задач

Знать:

- методы и средства сбора, хранения, коммуникации и обработки биологической информации с использованием компьютеров;
- программно-технические средства реализации современных офисных технологий, приемы составления научно-технических отчетов, обзоров, аналитических карт и пояснительных записок, излагать и критически анализировать получаемую информацию и представлять результаты полевых и лабораторных биологических исследований
- базовые представления о биологических объектах их разнообразии, роли в

формировании биосферы и ее устойчивости, современные представления о процессах, протекающих в живых организмах.

Уметь:

- управлять информацией (поиск, интерпретация, анализ информации);
- анализировать, интерпретировать и сопоставлять результаты научных биологических исследований;
- применять методы наблюдения, описания, идентификации, классификации, культивирования биологических объектов в полевых и лабораторных условиях.

Владеть:

- приемами оформления отчетной документации по направлениям научных исследований в биологии и производственных анализов;
- методами наблюдения, описания, идентификации, классификации биологических объектов, а также методами их культивирования и содержания в лабораторных условиях;
- владеть современными представлениями о принципах структурной и функциональной организации биологических объектов и механизмах гомеостатической регуляции.

3. Место дисциплины в структуре ОП ВО

Дисциплина «Биоремедиация» относится к обязательным дисциплинам вариативной части и изучается в 8-м семестре.

При освоении дисциплины студент должен опираться на знания, умения и виды деятельности из курсов базовой части профессионального цикла Экологический мониторинг с основами токсикологии, Почвоведение, Химия, Геология, Общая и прикладная экология, Правовые основы природопользования, Экологические биотехнологии, Оценка воздействия на окружающую среду, Методы экологического прогнозирования.

Курс «Биоремедиации» является основополагающей и незаменимым для понимания и восприятия окружающей среды. Базовые представления о биологических объектах их разнообразии, роли в формировании биосферы и ее устойчивости, современные представления о процессах, протекающих в живых организмах.

В результате курса студенты формируют профессиональные компетенции – ПК-2 и ПК-3.

4. Объем дисциплины

4.1. Объем дисциплины в зачетных единицах с указанием академических часов и виды учебной работы

Виды учебной работы,	Очная форма
Общая трудоемкость в зачетных единицах	3
Общая трудоемкость в часах	108
Аудиторные занятия в часах, в том числе:	20
Лекции	10
Практические занятия	10
Лабораторные занятия	-
Самостоятельная работа в часах	87,75
Форма промежуточной аттестации	Зачет – 8 семестр 0,25

4.2. Объем контактной работы на 1 обучающегося

Виды учебных занятий	Очная форма
Лекции	10
Практические занятия	10
Лабораторные занятий	-
Консультации	-

Зачет/зачеты	0,25
Экзамен/экзамены	-
Курсовые работы	-
Курсовые проекты	-
Всего	20,25

5. Содержание дисциплины, структурированное по темам (разделам), с указанием количества часов и видов занятий

5.1 Тематический план учебной дисциплины

№	Название раздела, темы	Всего з.е/час	Аудиторные занятия			Самостоятельная работа
			Лекц.	Практ.	Лаб.	
1.	Введение. Понятие биоремедиации	10	1	1	-	8
2.	Биологическая очистка промышленных сточных вод и природных загрязненных водных сред	16	1	1	-	14
3.	Биологическая очистка и дезодорация газовойоздушных выбросов	16	2	2	-	12
4.	Фиторемедиация. Ризоремедиация.	19	2	2	-	15
5.	Биологические методы утилизации твердых отходов	17	2	2	-	13
6.	Экобиотехнологии	15	1	1	-	13
7.	Проблемы и перспективы биоремедиации окружающей среды	15	1	1	-	12,75
	зачет	0,25				0,25
	Итого:	108	10	10	-	88

5.2. Содержание:

Тема 1. Введение. Понятие биоремедиации.

Понятия и агенты биоремедиации. Микробные популяции для процессов биоремедиации. Факторы, влияющие на процессы биодegradации. Технологии биодegradации, основанные на использовании рекомбинантных штаммов. Биоремедиация *in situ*. Биоремедиация *ex situ*. Преимущества и недостатки биоремедиации.

Тема 2. Биологическая очистка промышленных сточных вод и природных загрязненных водных сред.

Общая характеристика сточных вод, показатели загрязненности сточных вод. Принципы организации очистных сооружений. Характеристика биоценозов очистных сооружений. Методы биологической очистки. Аэробные процессы очистки сточных вод. Особенности биологической

очистки и типы аппаратов. Аэротенки. Окситенки. Биофильтры. Анаэробные процессы очистки сточных вод. Промышленные аппараты. Характеристика биопленки и активного ила. Утилизация активного ила. Биотехнологическая очистка сточных вод водорослями и водными растениями. Биологические пруды с микроводорослями. Биологические пруды с высшей водной растительностью. Очистка сточных вод грибными препаратами и ферментами. Принципы биологического мониторинга и биотестирования состояния водных экосистем. Индикаторная роль отдельных организмов.

Тема 3. Биологическая очистка и дезодорация газовоздушных выбросов.

Атмосферные загрязнители. Физические и биологические закономерности улавливания и деградации газовых выбросов. Методы очистки воздуха. Типы биокатализаторов и аппараты. Биофильтры. Биоскрубберы на основе нативных и иммобилизованных клеток. Биореакторы с отмываемым слоем. Принципы работы.

Тема 4. Фиторемедиация. Ризоремедиация.

Фитоэкстракция или фитоаккумуляция. Фитотрансформация или фитодеградация. Фитостабилизация. Фитодеградация или ризодеградация. Ризофильтрация. Использование ассоциативных с растением микроорганизмов для биоремедиации загрязнения. Детоксикационный потенциал растений. Потенциал использования ризосферы для биоремедиации. Биodeградация органических полюстантов в корневой зоне растений. Фитоаугментация. Методы для исследования выживаемости и активности инокулированных микроорганизмов. Воздействие биоаугментации на аборигенные микроорганизмы. Изучение биоаугментации в полевых условиях.

Тема 5. Биологические методы утилизации твердых отходов.

Биodeградация отходов. Биометаногенез как процесс ликвидации отходов. Типы и устройство метанотенков. Получение биогаза. Переработка растительного сырья и углеводсодержащих отходов в белок одноклеточных организмов. Основные принципы процесса компостирования. Компостирование полевое. Компостирование в биореакторах. Вермикомпостирование. Применение компоста.

Тема 6. Экобиотехнологии.

История биоаугментации. Проблемы, связанные с биоаугментацией. Биоаугментация с капсулированными микроорганизмами. Методы, увеличивающие микробное передвижение. Использование смешанных культур для биоремедиации. Генетически модифицированные микроорганизмы (ГММ) и биоремедиация. Контроль за генетически модифицированными микроорганизмами, выпущенными в окружающую среду. Биопестициды. Принцип действия. Методы получения и применения биологических средств защиты растений на основе живых клеток бактерий, грибов и вирусов. Биоудобрения. Характеристика. Принципы получения и применение. Бактериальное выщелачивание минерального сырья Биогидрометаллургия. Биосорбция металлов из растворов.

Тема 7. Проблемы и перспективы биоремедиации окружающей среды.

Перспективные технологии получения экологически безопасных биопластиков, биodeградируемых пленок и оболочек. Негативные последствия накопления синтетических полимерных материалов. Биоразлагаемые полимеры. Масштабы производства и сферы применения.

6. Методические материалы для обучающихся по освоению дисциплины

6.1. Самостоятельная работа обучающихся по дисциплине (модулю)

№ п/п	Раздел (тема) дисциплины	Задание	Часы	Методические рекомендации по выполнению задания	Форма контроля
1.	Введение. Понятие биоремедиации	Подготовка к семинарскому занятию	8	В качестве литературных источников предпочтительнее использовать из списка дополнительной литературы и из списка основной литературы	Устный опрос по теме семинарского занятия 1
2.	Биологическая очистка промышленных сточных вод и природных загрязненных водных сред	Подготовка к семинарскому занятию и терминологическому диктанту	14	В качестве литературных источников предпочтительнее использовать из списка дополнительной литературы и из списка основной литературы	Устный опрос по теме семинарского занятия 1, проведение письменного терминологического диктанта
3.	Биологическая очистка и дезодорация газовоздушных выбросов	Подготовка к семинарскому занятию	12	В качестве литературных источников предпочтительнее использовать из списка дополнительной литературы и из списка основной литературы	Устный опрос по теме семинарского занятия 2
4.	Фиторемедиация. Ризоремедиация.	Подготовка к семинарскому занятию и контрольной работе	15	В качестве литературных источников предпочтительнее использовать из списка дополнительной литературы и из списка основной литературы	Устный опрос по теме семинарского занятия 3, контрольная работа
5.	Биологические методы утилизации твердых отходов	Подготовка к семинарскому занятию	13	В качестве литературных источников предпочтительнее использовать из списка дополнительной литературы и из списка основной литературы	Устный опрос по теме семинарского занятия 4
6.	Экобиотехнологии	Подготовка к семинарскому занятию	13	В качестве литературных источников предпочтительнее использовать из списка дополнительной литературы и из списка основной литературы	Устный опрос по теме семинарского занятия 5
7.	Биоремедиация почв	Подготовка к семинарскому занятию и итоговому тесту	12,75	В качестве литературных источников предпочтительнее использовать из списка дополнительной литературы и из списка основной литературы	Устный опрос по теме семинарского занятия 5, итоговый тест

6.2. Тематика и задания для практических занятий

Семинар 1. Введение. Понятие биоремедиации

1. Что такое биоремедиация и в каких случаях необходимо ее применение?
2. Преимущества и недостатки биоремедиации. Факторы, влияющие на биоремедиацию.
3. Использование микроорганизмов и грибов в биоремедиации.
4. Приемы ремедиации: концентрационный метод, метод разложения, метод иммобилизации.
5. Особенность процессов биоремедиации природных местообитаний при загрязнении ксенобиотиками.
6. Биоремедиация загрязненных почв и грунтов: биоремедиация *in situ*, биоремедиация *ex situ*.
7. Преимущества биоремедиации, по сравнению с другими методами очистки почв.
8. Факторы, влияющие на процессы биодegradации

Семинар 2. Биологическая очистка промышленных сточных вод и природных загрязненных водных сред

1. Биохимические основы метода биологической очистки сточных вод
2. Фазы биохимической (биологической) очистки сточных вод
3. Биоочистка в природных условиях
4. Аэробные процессы биологической очистки сточных вод
5. Анаэробные процессы биологической очистки сточных вод
6. Биохимические процессы, протекающие при разложении осадка сточных вод
7. Биотехнологическая очистка сточных вод водорослями и водными растениями.
8. Практическое использование микроорганизмов в водоочистке на примере аэротенка, окситенка.
9. Очистка сточных вод грибными препаратами и ферментами.
10. Принципы биологического мониторинга и биотестирования состояния водных экосистем.
11. Индикаторная роль отдельных организмов.

Семинар 3. Биологическая очистка и дезодорация газовоздушных выбросов

1. Биологические основы дезодорации газов.
2. Биохимические основы дезодорации газов.
3. Основные методы биологической дезодорации газов.
4. Назовите принципиальные конструкции установок для биологической дезодорации газов.
5. Как осуществляется очистка в биосорбционных установках.
6. Назовите факторы определяющие атмосферный воздух.
7. Назовите преимущества и недостатки биофильтров и биосорберов.
8. Классификация методов дезодорации ГВВ с помощью микроорганизмов.
9. На какие группы по принципу действия подразделяются аппараты очистки газов. Кратко раскройте эти группы.
10. Основные проблемы и пути решения комплексной очистки газовых выбросов больших объемов.
11. Опишите как происходит дезодорация газов с помощью озона.
12. Назовите преимущества метода озонирования.
13. От каких факторов зависит выбор метода очистки газовых выбросов.
14. Что такое обеззараживание газовоздушный выбросов.

Семинар 4. Фиторемедиация. Ризоремедиация

1. Фитоэкстракция или фитоаккумуляция.
2. Фитотрансформация или фитодegradация.
3. Фитостабилизация.
4. Фитодegradация или ризодegradация.
5. Ризофилтрация.
6. Использование ассоциативных с растением микроорганизмов для биоремедиации загрязнения.

7. Детоксикационный потенциал растений.
8. Потенциал использования ризосферы для биоремедиации.
9. Биодegradация органических поллютантов в корневой зоне растений.
10. Фитоаугментация.
11. Методы для исследования выживаемости и активности инокулированных микроорганизмов.
12. Воздействие биоаугментации на аборигенные микроорганизмы.
13. Изучение биоаугментации в полевых условиях.

Семинар 5. Биологические методы утилизации твердых отходов

1. Биодegradация отходов.
2. Биометаногенез как процесс ликвидации отходов.
3. Типы и устройство метанотенков.
4. Получение биогаза.
5. Переработка растительного сырья и углеводсодержащих отходов в белок одноклеточных организмов.
6. Основные принципы процесса компостирования.
7. Компостирование полевое.
8. Компостирование в биореакторах.
9. Вермикомпостирование.
10. Применение компоста.

Семинар 6. Экобиотехнологии

1. Понятие биоаугментации. Проблемы, связанные с биоаугментацией.
2. Биопестициды – альтернатива химическим пестицидам. Получение, применение.
3. Бактериальные удобрения – разумная альтернатива химическим удобрениям. Получение, применение.
4. Контроль за генетически модифицированными микроорганизмами, выпущенными в окружающую среду.
5. Микроорганизмы и их роль в биотехнологии металлов: бактериальное выщелачивание.
6. Генетически модифицированные микроорганизмы (ГММ) и биоремедиация.
7. Виды бактериального выщелачивания.
8. Биологические средства защиты растений на основе живых клеток бактерий, грибов и вирусов. Методы получения и применения.

Семинар 7. Проблемы и перспективы биоремедиации окружающей среды

1. Перспективные технологии получения экологически безопасных биопластиков.
2. Перспективные технологии получения экологически безопасных биодegradируемых пленок и оболочек.
3. Негативные последствия накопления синтетических полимерных материалов.
4. Биоразлагаемые полимеры. Масштабы производства и сферы применения.
5. Перспективы совместного использования растений и ризосферных микроорганизмов, обладающих способностью разлагать поллютанты.
6. Методы, позволяющие улучшить свойства микроорганизмов и растений с целью повышения эффективности биоремедиации при их использовании.

7. Перечень основной и дополнительной литературы, необходимой для освоения дисциплины

а) основная:

1. Вальков В. Ф. Почвоведение: учебник для бакалавров / Южный федеральный ун-т. - 4-е изд., перераб. и доп. - М. : Юрайт, 2013. - 527, [1] с. - (Серия "Бакалавр". Базовый курс). - Библиогр.: с. 525-527. - ISBN 978-5-9916-2187-8 : 439.08. 10 экз.
2. Орлов Д. С. Экология и охрана биосферы при химическом загрязнении: Учеб. пособие для хим., хим.-технол. и биол. спец. вузов. - 2-е изд., перераб. и доп. - М. : Высш. шк., 2002. - 334

с. : ил. - Библиогр.: с. 320-322. - ISBN 5-06-004099-2 : 79.75. 2 экз.

3. Экология микроорганизмов : учебник / под ред. А. И. Нетрусова. - М. : Академия, 2004. - 272 с. - (Высшее образование). - Указ. латин. назв.: с. 261-265 . - ISBN 5-7695-1566-X : 155.00. 18 экз.

б) дополнительная:

1. Егорова Т. А. Основы биотехнологии: [учеб. пособие для студ. высш. учеб. заведений : допущено УМО]. - 3-е изд., стер. - М. : Академия, 2006. - 208 с. - (Высшее профессиональное образование) (Педагогические специальности). - ISBN 5-7695-2808-7 : 212.00. 23 экз.

2. Восстановление рек, 2008: IV Междунар. конф. Европейского центра восстановления рек, Италия, Венеция, о. Сан Серволо, 16-19 июня 2008 г. : избранные доклады : пер. с англ. / Европейский центр восстановления рек, ФГУП РосНИИВХ ; под общ. ред. Н. Б. Прохоровой. - Екатеринбург : ФГУП РосНИИВХ, 2011. - 607, [1] с. 1 экз.

3. Восстановление леса на вырубках. - Москва : ВНИПИЭИлеспром, 1982. - 39 с. - (Охрана окруж. среды и рац. использов. природных ресурсов д/о пром-сти. Вып. 6). - ДС. - 0.39. 2 экз.

4. Утилизация твердых отходов : В 2 т. Т.1 / Под ред. Д.Вилсона; Сокр. пер. с англ.; Под ред. А.П.Цыганкова . - Москва : Стройиздат, 1985. - 338 с. 1 экз.

5. Утилизация твердых отходов : В 2 т. Т.2 / Под ред. Д.Вилсона; Сокр. пер. с англ.; Под ред. А.П.Цыганкова . - Москва : Стройиздат, 1985. - 347 с. 1 экз.

8. Перечень ресурсов информационно-телекоммуникационной сети «Интернет», необходимых для освоения дисциплины

Информационно-образовательные ресурсы:

Гарант [Электронный ресурс] : справочно-правовая система / НПП Гарант-Сервис. – Электрон. дан. – Москва, [1990–2018]. – Режим доступа \\fileserver1\GarantClient\garant.exe,

- Законодательство России [Электронный ресурс] : информационно-правовая система. – Режим доступа: <http://pravo.fso.gov.ru/ips/>, в локальной сети ОГУ,

- SCOPUS [Электронный ресурс] : реферативная база данных / компания Elsevier. – Режим доступа: <https://www.scopus.com/>, в локальной сети ОГУ,

- Web of Science [Электронный ресурс]: реферативная база данных / компания Clarivate Analytics. – Режим доступа : <http://apps.webofknowledge.com/>, в локальной сети ОГУ,

- <http://www.soils.org> (сайт Американского общества почвоведов),

- <http://www.pochva.com> (неофициальный сайт факультета почвоведения МГУ им. М.В. Ломоносова),

- <http://www.soilinst.msu.ru> (сайт Института почвоведения МГУ РАН),

- <http://www.soilmuseum.by.ru> (сайт Почвенного музея им. В.В. Докучаева),

- <http://www.fao.org> (веб-сайт Продовольственной и сельскохозяйственной организации

Онлайн-курсы:

1. <https://postnauka.ru/courses/43161> - ассоциация специалистов в сфере образования, науки и просвещения «Издательский дом «ПостНаука», Курс «Микроорганизмы и их сообщества»

2. <https://www.coursera.org/learn/life-in-soil> - «Coursera», Курс «Жизнь в почве»;

Электронные библиотечные системы:

1. ЭБС Университетская библиотека онлайн - <http://biblioclub.ru>

2. ЭБС «Лань» <https://e.lanbook.com>

3. ЭБС «ZNANIUM.COM» <http://znanium.com>

4. НЭБ «elibrary.RU» elibrary.RU - НАУЧНАЯ ЭЛЕКТРОННАЯ библиотека

9. Описание материально-технической базы, необходимой для осуществления образовательного процесса по дисциплине

Аудитория для проведения занятий лекционного типа, семинарского типа, текущего контроля и промежуточной аттестации. В процессе проведения лекционных и семинарских занятий применяются технические средства обучения, а именно: мультимедийное оборудование,

включающее в себя компьютер (ноутбук) и мультимедиа проектор, проецирующий изображение (слайды) на экран. Кроме технических средств, используется и прикладное программное обеспечение (Microsoft Word и PowerPoint версии не ниже 2003 года), позволяющее демонстрировать лекционные материалы (слайды) и задания к семинарам.

Аудитории для проведения занятий должны быть оборудованы доской и инструментом (мел или маркер) для нанесения рисунков, схем и текста на доску. Студентам рекомендуется на семинарские занятия приносить с собой мобильные (съёмные) носители данных (USB-флэш-карты, внешние HDD, CD-или DVD-диски) для копирования практических заданий, тестов, материалов лекций и дополнительных (электронных) источников информации по изучаемой дисциплине.