Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования
Московский государственный университет имени М.В.Ломоносова
факультет Почвоведения

УТВЕРЖДАЮ

и.о. декана П.В.Красильников /_____ /

«___» _____20__ г.

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ

Наименование дисциплины:

Биотехнология

Уровень высшего образования:

Магистратура

Направление подготовки (специальность):

05.04.06 Экология и природопользование

Направленность (профиль) ОПОП:

Экотехнологии

Форма обучения: очная

Москва 2023

Рабочая программа дисциплины разработана в соответствии с самостоятельно установленным МГУ образовательным стандартом (ОС МГУ) для реализуемых основных профессиональных образовательных программ высшего образования по направлению подготовки 05.04.06 «Экология и природопользование» программы магистратуры

ОС МГУ, утвержденный решением Ученого совета МГУ имени М.В.Ломоносова от 28 декабря 2020 года (протокол №7).

1. **Место дисциплины в структуре ОПОП:**
относится к вариативной части ОПОП, является обязательной для освоения

2. **Входные требования для освоения дисциплины, предварительные условия:** Для освоения дисциплины необходимо освоение общенаучных и общепрофессиональных дисциплин базовой части программы бакалавриата, в том числе: «Общая экология», «Экология организмов», а также спецкурсы — «Экологическая биохимия», «Экофизиология почвенных микроорганизмов», «Экология бактерий», «Экологическая микробиология», «Экология грибов», «Экология дрожжей», «Биологический контроль окружающей среды».

3. **Планируемые результаты обучения в результате освоения дисциплины, соотнесенные с требуемыми компетенциями выпускников:**

Компетенции выпускников (коды)	**Индикаторы (показатели) достижения компетенций**	**Планируемые результаты обучения по дисциплине, сопряженные с компетенциями**
МПК-1 **МПК-2**	**МПК-1.3** **МПК-2.1**	***Знать*** основные достижения биотехнологии, направления актуальных исследований, теоретическую и практическую значимость биотехнологии, ее взаимосвязь с другими естественными науками. ***Знать*** о новейших достижениях в области биотехнологии, их применении в охране окружающей среды и рациональном природопользовании, о потенциале биологических способов для решения природоохранных мероприятий, утилизации промышленных и бытовых отходов, детоксикации ксенобиотиков. ***Знать*** о роли биотехнологии в решении природоохранных проблем в аграрном и промышленном производстве, городском хозяйстве (водоочистке и переработке отходов), ремедиации загрязненных почв, грунтов и водных объектов. ***Уметь*** использовать

		полученные знания и навыки для решения профессиональных задач; ориентироваться в современных направлениях и методах биотехнологии; осуществлять выбор наиболее оптимального биотехнологического метода в зависимости от поставленной задачи. ***Уметь*** правильно использовать биопрепараты в сельском хозяйстве для замены химических пестицидов и удобрений, оптимизации почвенных свойств и увеличения урожая и качества продукции. ***Уметь*** применять на практике биологические методы переработки отходов, обезвреживания загрязнений в воде, воздухе и почве, методы биоремедиации природных сред. ***Уметь*** проводить разработку и модернизацию технологических схем производств, разработку методик технико-экономической и экологической оценки реализуемых в природных условиях биотехнологий. ***Владеть*** навыками работы с научной и учебной литературой в области биотехнологии; современными представлениями о биологических системах, используемых в экобиотехнологии; навыками теоретической обработки и критического анализа эмпирических данных для поиска оптимальных биотехнологий.

4. **Объем дисциплины** 3 з.е.**,** в том числе 48 академических часов на контактную работу обучающихся с преподавателем, 60 академических часов на самостоятельную работу обучающихся.

5. **Формат обучения** очный

6. **Содержание дисциплины, структурированное по разделам и темам, с указанием отведенного на них количества академических часов, и виды учебных занятий**:

Наименование и краткое содержание разделов и тем дисциплины / форма текущей аттестации	**Всего (часы)**	В том числе							
		Контактная работа (работа во взаимодействии с преподавателем)					**Самостоятельная работа обучающегося** Подготовка презентаций и докладов, написание рефератов, подбор и анализ литературы		
		Занятия лекционного типа	Занятия семинарского типа (семинары)	Занятия семинарского типа (лабораторные)	Занятия семинарского типа (практические)	**Всего**			**Всего**
Раздел 1. История развития биотехнологии. Цели и задачи биотехнологии, основные биотехнологические производства.	8	2	2			4	4		4
Тема 1. Введение в биотехнологию.		1	1			2	2		2
Тема 2. Процессы и аппараты биотехнологических производств.		1	1			2	2		2

Форма текущей аттестации по разделу –	Занятие семинарского типа, групповая консультация, опрос								
Раздел 2. Почвенные биотехнологии в земледелии.	9	2	2			4	5		5
Тема 1. Особенности микробиома почв при разных системах земледелия.		1	1			2	2		2
Тема 2. Микробные препараты для стимуляции азотфиксации.		1	1			2	3		3
Форма текущей аттестации по разделу –	Занятие семинарского типа, групповая консультация, доклады, рефераты, опрос								
Раздел 3. Бактериальные препараты - фиторегуляторы и микоризные грибы в растениеводстве и лесном хозяйстве.	9	2	2			4	5		5
Тема 1. Фитогормоны. Синтетические и микробные регуляторы роста растений.		1	1				2		2
Тема 2. Применение микоризных и эндотрофных грибов.		1	1				3		3
Форма текущей	Занятие семинарского типа, групповая консультация, доклады, рефераты, опрос								

аттестации по разделу –									
Раздел 4.Биотехнологии защиты растений от вредителей.	8	2	2			4	4		4
Форма текущей аттестации по разделу –	Занятие семинарского типа, групповая консультация, доклады, рефераты, опрос								
Раздел 5.Биотехнологии защиты растений от болезней и сорняков.	8	2	2			4	4		4
Тема 1. Микробные препараты для защиты растений.		1	1				2		2
Тема 2. Трансгенные микроорганизмы и растения.		1	1				2		2
Форма текущей аттестации по разделу –	Занятие семинарского типа, групповая консультация, доклады, рефераты, опрос								
Раздел 6. Переработка отходов и растительного сырья для получения пищевых и кормовых продуктов, биотоплива.	8	2	2			4	4		4
Тема 1. Получение биомассы на органических отходах и выбросах диоксида углерода.		1	1				2		2
Тема 2. Производство		1	1				2		2

биотоплива.									
Форма текущей аттестации по разделу –	Занятие семинарского типа, групповая консультация, доклады, рефераты, опрос								
Раздел 7. Биологическая переработка жидких отходов и сточных вод.	8	2	2			4	4		4
Форма текущей аттестации по разделу –	Занятие семинарского типа, групповая консультация, доклады, рефераты, опрос								
Раздел 8. Биологическая переработка твердых отходов.	8	2	2			4	4		4
Форма текущей аттестации по разделу –	Занятие семинарского типа, групповая консультация, доклады, рефераты, опрос								
Раздел 9. Биотехнологии контроля загрязнения объектов окружающей среды и сельскохозяйственной продукции.	8	2	2			4	4		4
Форма текущей аттестации по разделу –	Занятие семинарского типа, групповая консультация, доклады, рефераты, опрос								
Раздел 10. Биоремедиация загрязненных почв и водоемов.	12	2	2			4	8		8
Тема 1. Общие принципы		0,5	0,5			1	2		2

биоремедиации.									
Тема 2. Биотехнологии очистки нефтезагрязненных почв и водоемов.		0,5	0,5			1	2		2
Тема 3. Биотехнологии очистки сточных вод, водоемов и почв от тяжелых металлов.		0,5	0,5			1	2		2
Тема 4. Биоремедиация почв и водоемов, загрязненных синтетическими органическими соединениями.		0,5	0,5			1	2		2
Форма текущей аттестации по разделу –	Занятие семинарского типа, групповая консультация, доклады, рефераты, опрос								
Раздел 11. Биотехнологии в промышленности.	8	2	2			4	4		4
Тема 1. Микробные биогеотехнологии при добыче полезных ископаемых.		0,5	0,5			1	1		1
Тема 2. Биологическая очистка газообразных выбросов предприятий.		0,5	0,5			1	1		1
Тема 3. Биоповреждения		0,5	0,5			1	1		1

материалов, сооружений и подземных коммуникаций и способы их защиты.									
Тема 4. Биоразлагаемые пластики.		0,5	0,5			1	1		1
Форма текущей аттестации по разделу –	Занятие семинарского типа, групповая консультация, доклады, рефераты, опрос								
Раздел 12. Коммерциализация инновационных биотехнологий.	8	2	2			4	4		4
Форма текущей аттестации по разделу –	Занятие семинарского типа, доклады, рефераты, опрос								
Промежуточная аттестация зачет	*зачет*						6		
Итого:	108	48					60		

Подробное содержание разделов и тем дисциплины:

Раздел 1. История развития биотехнологии. Цели и задачи биотехнологии, основные биотехнологические производства.

Тема 1. Введение в биотехнологию.

История развития биотехнологии. Определение биотехнологии. Классификация биотехнологий. Определение предмета и места экологической биотехнологии в системе научных и технологических дисциплин. Основные задачи и перспективы развития биотехнологии на современном этапе в мире. Экологические проблемы современности и необходимость биотехнологических подходов для их решения.

Тема 2. Процессы и аппараты биотехнологических производств.

Биотехнологические производства. Микробиологические и технологические факторы эффективности производств. Культивирование микроорганизмов. Поверхностное и глубинное культивирование. Значение асептики и борьба с микробами-контаминантами. Биореакторы. Системы GLP и GMP. Основные технологические процессы микробиологических производств: разделение биомассы и жидкости, дезинтеграция клеток, экстрагирование, концентрирование и выделение целевых продуктов, сушка, измельчение, гранулирование, стандартизация и фасовка продуктов.

Раздел 2. Почвенные биотехнологии в земледелии.

Тема 1. Особенности микробиома почв при разных системах земледелия.

Особенности микробиома почв при разных системах земледелия: влияние обработки, мелиорации, систем удобрения на почвенную биоту. Почвенные биотехнологии модификации почвенного микробного комплекса с целью повышения продуктивности сельскохозяйственных культур, оптимизации круговорота основных биофильных элементов и улучшения почвенных свойств. Применение органических и минеральных удобрений в агроэкосистемах, агротехнические и агрохимические приемы снижения потерь питательных элементов из почвы. Важность сохранения органического вещества почв. Особенности применения органических удобрений: соотношение C/N в органических удобрениях, влияние его на процессы иммобилизации и минерализации азота, эффективность внесенного удобрения, обогащение почвы органическим веществом. Сидераты. Гуматы.

Биологический азот, способы активизации симбиотической и ассоциативной азотфиксации в почвах. Оптимизация потерь азота из агроэкосистем в процессах денитрификации и нитрификации. Применение ингибиторов нитрификации.

Методы борьбы с фитопатогенами и вредителями. Фумигация. Прогревание почв под пленкой для снижения популяции патогенов. Супрессивные почвы и их использование для предотвращения корневых инфекций растений.

Почвоутомление и токсичность почв в агроэкосистемах. Мероприятия по их предотвращению и устранению.

Роль растений и почвенной биоты в формировании водопрочных агрегатов и увеличении порозности почв. Способы повышения стабильности почвенных агрегатов.

Тема 2. Микробные препараты для стимуляции азотфиксации.

Масштабы использования микробных удобрений в растениеводстве. Преимущества и недостатки микробиологических препаратов в сравнении с химическими аналогами.

Клубеньковые бактерии. Значение «биологического» азота, масштабы поступления в почвы. Формирование бобово-ризобиального симбиоза, молекулярно-биохимические механизмы симбиотической фиксации азота. Свойства клубеньковых бактерий: специфичность, нитрогеназная активность, вирулентность, конкурентноспособность, стабильность свойств. Принципы отбора штаммов для создания бактериальных удобрений. Технологии производства ризоторфина (нитрагина), особенности его применения (доза, способ внесения, носители и форма препарата, совместимость с агрохимикатами) и его эффективность в повышении качества и урожая растений. Почвенные условия, влияющие на эффективность бобово-ризобиального симбиоза.

Симбиотическая азотфиксирующая ассоциация цианобактерий *Anaebaena (Nostoc)* с водным папоротником (*Azolla*). Производство биомассы симбиотической ассоциации *Anaebaena-Azolla* в качестве удобрения. Использование азотфиксирующей ассоциации с цианобактериями как источника азота при возделывании риса.

Симбиоз азотфиксирующих актиномицетов рода *Frankia* с древесными растениями и его роль в обеспечении азотом. Использование актиноризных симбиозов в ремедиации нарушенных почв.

Ассоциативная азотфиксация - повышение продуктивности растений и качества почвы. Стимулирующие рост растений ризосферные бактерии (PGPR) (псевдомонады, бациллы, азоспирилы, азотобактер) и ассоциированные с микоризой бактерии (Mycorrhizal Helper Bacteria (MHB)). Механизмы их действия – способность к колонизации корней, синтез фитогормонов (индолилуксусной кислоты, гиббереллинов, цитокининов), индукция позитивных изменений корневой системы (увеличение диаметра и длины корней, корневых волосков, площади корневой поверхности), повышение активности ферментов, ассимиляции питательных элементов (основных и микроэлементов), дыхания, фиксации молекулярного азота и снижение заболеваемости

растений за счет подавления патогенов. Препараты на основе азоспирилл, свободноживущих цианобактерий для повышения продуктивности растений и качества почвы.

Раздел 3. Бактериальные препараты - фиторегуляторы и микоризные грибы в растениеводстве и лесном хозяйстве.

Тема 1. Фитогормоны. Синтетические и микробные регуляторы роста растений.

Молекулярный механизм действия фитогормонов. Классификация и функции фитогормонов (ауксинов, цитокининов, гиббереллинов, этилена, абсцизовой кислоты, брассиностероидов, фузикокцинов). Синтетические регуляторы роста растений (аналоги и антагонисты). Применение фитогормонов для регуляции онтогенеза растений, каллусообразования, всхожести семян, роста конкретных органов, фотосинтеза, транспорта веществ и повышения устойчивости к абиотическим стрессам, вредителям и возбудителям болезней. Биотехнологические методы получения фитогормонов и фиторегуляторов (гиббереллинов, фузикокцина, симбионта 1 и 2, агата-25К, эмистима).

Тема 2. Применение микоризных и эндотрофных грибов.

Классификация и строение микоризы у древесных и травянистых растений. Механизмы влияния микоризы на растения. Проблема культивирования микоризных грибов. Перспективы использования культивируемых видов базидиомицетных грибов сем. Sebacinales (*Piriformospora indica, Sebacina vermifera*). Технологии получения препаратов эктомикоризных грибов и приемы микоризации при лесоразведении. Эндомикоризные грибы – арбускулярная микориза (АМ) у сельскохозяйственных растений. Отбор эндомикоризных грибов, производство инокулята и методы инокуляции. Эффективность микоризации растений. Использование АМ грибов совместно с клубеньковыми бактериями при выращивании бобовых культур и с бактерииями-ассоциантами (МНВ). Внутриклеточные бактерии эндомикоризных грибов. Ситуации, когда необходимо применение АМ грибов. Микоризация для повышения приживаемости растений при рекультивации отвалов.

Раздел 4. Биотехнологии защиты растений от вредителей.

Сущность (использование эволюционно сложившихся в природе межвидовых взаимоотношений в первую очередь для регуляции, а не искоренение, вредных видов с целью получения высококачественной продукции и сохранения биоразнообразия экосистем) и стратегии биологической защиты (интродукция биоагента, его однократное и многократное использование и сохранение, активизация и учет деятельности полезных видов). Микробиометод и макробиометод защиты растений.

Энтомофаги и акарифаги (хищные и паразитические насекомые и паукообразные). Критерии, признаки их эффективности и примеры применения в открытом грунте и теплицах. Генетический метод (выпуск в природные популяции насекомых, несущих различные мутации - стерильных самцов, наследуемой стерильности, летальными мутациями).

Основные возбудители болезней насекомых (бактерии, вирусы, риккетсии, грибы, простейшие, нематоды). Механизмы и спектр действия энтомопатогенов, используемых для создания биопрепаратов: *Bacillus thuringiensis, Beauveria bassiana, Metarhizium anisopliae, Verticillium lecanii, Arthrobotrys oligospora,* бакуловирусов, микроспоридий (*Vairimorpha antheraea, Nosema locustae*), энтомопатогенных нематод *(Sternernema carposcae, S. feltiae).* Бактериальные инсектициды на основе *Bacillus thuringiensis* (дендробацилин, битоксибацилин, лепидоцид, бактокулицид, турингин, астур) и генно-инженерных штаммов бактерий. Композиционный состав биопрепаратов (агент, наполнитель, носитель, консерватор, стабилизатор и эмульгатор суспензий, прилипатель). Технологии производства и применения биопрепаратов на основе грибов (боверин, вертицилин, метаризин, микоафилин, нематофагин), вирусов (вирин-ЭНШ, вирин-ГСШ, вирин-Ж и др.), микроспоридий (нолок), нематод (энтонема-F, ВС). Преимущества и недостатки биопрепаратов в сравнении с химическими инсектицидами. Композиции на основе микробных препаратов и химических пестицидов. Бактороденциды.

Раздел 5. Биотехнологии защиты растений от болезней и сорняков.

Тема 1. Микробные препараты для защиты растений.

Микроорганизмы, используемые для защиты растений от грибных и бактериальных болезней (*Pseudomonas fluorescens, P. aureofaciens, Bacillus subtilis, Trichoderma harzianum, Gliocladium virens, Ampelomyces quisqualis, Coniothyrium minitans, Fusarium oxysporum, Talaromyces flavus, Phlebia gigantea, Streptomyces griseovirides* и др.). Механизмы их действия; захват эконишу и питательных веществ, микопаразитизм, продукция антибиотиков, хитиназ, сидерофоров. Супрессивные почвы. Использование гиповирулентных штаммов (*Fusarium oxysporum)* и бактериофагов *Pseudomonas syringae* для борьбы с фитопатогенами. Этапы разработки препаратов для защиты растений - поиск источников для выделения, изоляция и первичный скрининг биоагентов, подтверждение их эффективности в вегетационных опытах, исследование механизмов действия, приживаемости и взаимодействий штамма с аборигенной биотой, микрополевые, полевые и санитарно-гигиенические испытания, оценка себестоимости препаратов и защита патентами. Коммерческие микробные препараты (триходермин, бактофит, псевдобактерин, ампеломицин основе триходермы, гиповирулентных штаммов фузариев,

бацилл, псевдомонад (спектр подавляемых патогенов и обрабатываемых культур, форма и способ обработки). Примеры инокулятов с разным механизмом действия на возбудителей болезней растений (контроль корончатых галлов непатогенным штаммом *Agrobacterium tumifaciens* 84; корневых гнилей - триходермином; бактериального рака и пятнистости растений - пентафагом).

Технологии формирования иммунитета у растений к патогенам (вакцинация, препараты иммуноцитофит, хитозары, симбионт).

Микробные препараты и виды насекомых-фитофагов, перспективные для борьбы с сорняками.

Препараты для защиты растений на основе биологически активных веществ (микробных антибиотиков, токсинов и ферментов, фитонцидов, экстрактов растений, аналогов ювенильных гормонов насекомых, ингибиторов синтеза хитина, феромонов насекомых, фитогормонов).

Микогербициды.

Место биотехнологий в системе интегрированной защиты растений.

Тема 2. Трансгенные микроорганизмы и растения.

Судьба внесенных микробных популяций в почве. Риски, связанные с использованием генно-инженерных организмов (микроорганизмов, растений) в сельском хозяйстве.

Создание сельскохозяйственных культур, устойчивых к грибным, бактериальным и вирусным патогенам, насекомым-вредителям, химическим пестицидам и стрессовым воздействиям, а также растений с измененным фитогормональным статусом. Достоинства этих растений и возможные экологические последствия.

Получение с помощью трансгенных растений различных соединений и материалов.

Раздел 6. Переработка отходов и растительного сырья для получения пищевых и кормовых продуктов, биотоплива.

Тема 1. Получение биомассы на органических отходах и выбросах диоксида углерода.

Получение кормовых белков на основе дрожжей, бактерий, мицелиальных грибов и водорослей. Грибоводство - как источник ценного продукта и способ переработки твердых отходов. Технологии выращивания шампиньонов, вешенки, шиитаке.

Культивирование микроскопических водорослей и цианобактерий. Биотехнологии выращивания спирулины (в открытых водоемах, плоскостное, в фотобиореакторах) и применение препаратов на ее основе.

Получение микробной биомассы на отходах и стоках различных отраслей промышленности (целлюлозно-бумажной, пищевой, химической и т.д.).

Тема 2. Производство биотоплива.

Получение метана при анаэробной переработке различного сырья и отходов. Технология производства биогаза и биогазовые установки. Технологии производства этанола из растительных субстратов. Топливо на основе жиров биологического происхождения (цианобактерий, водорослей, растений и др.). Разработки биоэлектрохимических устройств и водородных фотореакторов.

Раздел 7. Биологическая переработка жидких отходов и сточных вод.

Характеристика органических отходов и методы их биологической обработки. Аэробная и анаэробная очистка сточных вод городов и жидких стоков на крупных предприятиях целлюлозно-бумажной, пищевой, химической промышленности, животноводческих комплексах.

Простые методы очистки - окислительные пруды и каналы, пруды-отстойники. Струйные биофильтры с прикрепленными микроорганизмами, открытые окислительные каналы или резервуары с вращающимися дисками.

Технология активированного ила. Этапы очистки (механическое отделение твердых отходов, биологическое разрушение растворенных органических веществ при участии микроорганизмов активированного ила, химическое и/или биологическое удаление неорганических загрязнителей (соединений фосфора и азота) и обеззараживание воды (хлорирование, озонирование). Физико-химические и биологические процессы аэробной переработки стоков. Биофильтры и аэротэнки. Трофическая пирамида в биопленке биофильтров. Биоразнообразие активного ила. Флотация ила. Переработка избытка ила. Отличие очистки сточных вод в технологии «активированного ила» от проточной культуры. Приемы интенсификации аэробной очистки стоков и контроль ее работы.

Анаэробная переработка полужидких отходов и концентрированных стоков (промышленных, бытовых и сельскохозяйственных предприятий) в реакторах (метантэнках) с одновременным получением биогаза и органических удобрений. Микробиология и биотехнология метаногенеза.

Раздел 8. Биологическая переработка твердых отходов.

Переработка твердых отходов – аэробная (компостирование) и твердофазная анаэробная ферментация. Компостирование и вермикомпостирование. Используемые для компостирования субстраты и отходы, создание оптимальной исходной смеси. Условия (аэрация, температура) и организмы, участвующие в компостировании. Стадии и

длительность компостирования, динамика микробиологических и физико-химических процессов при приготовлении компоста. Температура, необходимая для гибели различных патогенных организмов и семян сорняков. Промышленные технологии компостирования отходов животноводства. Вермикомпостирование. Приготовление исходного субстрата для внесения навозных червей. Условия и длительность вермикомпостирования. Требования к химическому составу и биологическим показателям компоста (биогумуса) в Российской Федерации. Преимущества компостов (вермикомпостов) перед другими органическими удобрениями.

Проблема переработки лигнина.

Биологическая обработка высокотоксичных отходов**.**

Захоронение твердых бытовых отходов (ТБО) (скорость деструкции отходов на полигонах ТБО и образующиеся при этом продукты микробного метаболизма).

Раздел 9. Биотехнологии контроля загрязнения объектов окружающей среды и сельскохозяйственной продукции.

Биотестирование и биоиндикация токсикантов. Требования, предъявляемые к биомаркерами/биоиндикаторам/биологическим тест-системам. Биомаркеры различных уровней организации биологической материи (молекулярные, мембранные, клеточные системы, особи, виды, популяции). Биотестирование при установлении ПДК токсикантов в объектах окружающей среды. Примеры методов контроля загрязнения почв и воды (технологии оценки численности и активности микроорганизмов, биотестирование мутагенов и канцерогенов с помощью бактериальных и эукариотических тест-систем, ксенобиотиков – на основе ферментов детоксикации ксенобиотиков (цитохрома Р-450), биолюминесценции бактерий и флюоресценции хлорофилла фотосинтезирующих организмов, ростовых показателях растений и смертности водных животных (дафний, водных рачков)). Биосенсоры.

Микотоксины и их продуценты. Условия накопления микотоксинов в сельскохозяйственной продукции и методы их обнаружения.

Токсикологическое и экологическое нормирование.

Методология санитарно-гигиенического нормирования. Особенности нормирования загрязнения природных сред. Биобезопасность, требования к биотехнологическим производствам и биопрепаратам для природоохранных работ.

Законодательные и эколого-экономические механизмы реализации природоохранных мероприятий.

Оценка качества окружающей среды и оценка воздействия на окружающую среду. Затраты на природоохранную деятельность, экологический ущерб и эколого-экономический эффект.

Раздел 10. Биоремедиация загрязненных почв и водоемов.

Тема 1. Общие принципы биоремедиации.

Определение и принципы биоремедиации. Стратегии по очистке загрязненных объектов окружающей среды: интенсификация деградации и удаления поллютантов in situ; технологии ex situ - перенос почвы на специальные площадки, приспособленные для проведения мероприятий по деконтаминации почв, биореакторный способ, химическая и термическая обработка.

Микробиологические ограничения биоремедиации (отсутствие или низкая плотность микроорганизмов-деструкторов загрязняющих веществ). Биоремедиация на основе биостимуляции (активизации аборигенных микроорганизмов, способных к разложению поллютанта) и биоогментации (внесения микроорганизмов с катаболическими возможностями деструкции поллютанта, которые отсутствовали у природной микробиоты). Иммобилизация микроорганизмов на носителях для повышения их устойчивости к неблагоприятным условиям и их метаболической активности.

Физико-химические ограничения (отсутствие контакта микроорганизмов с поллютантом, поллютант не поддерживает рост микроорганизмов, не снимается репрессия требуемых ферментов) и подходы для их устранения (изменение физического состояния контаминирующего вещества и площади его поверхности введением липофильных агентов, обеспечение косубстратом, индукция синтеза нужных ферментов химическими аналогами поллютантов).

Экологические ограничения биоремедиации: отсутствие или недостаток элементов питания, восстанавливающихся веществ (при анаэробиозе), неблагоприятная влажность, аэрация, pH, окислительно-восстановительные условия в контаминированных объектах окружающей среды.

Примеры конкретных технологий биоремедиации почв и водоемов от полютантов. *Этапы биоремедиционного проекта*: характеристика места загрязнения (МЗ), обоснование применимости технологии для данного МЗ (в лаборатории, в пилотном масштабе и в маломасштабных полевых испытаниях), на основе полученных результатов разработка конкретной полномасштабной технологии биоремедиации данного МЗ.

Тема 2. Биотехнологии очистки нефтезагрязненных почв и водоемов.

Специфика нефтяного загрязнения объектов окружающей среды. Влияние загрязнения нефтью на живые организмы, свойства почвы и воды. Определение

предельно-допустимого уровня углеводородов в почвах и воде. Биоиндикация и биотестирование загрязнения почв и водоемов нефтью и нефтепродуктами.

Механизмы и скорость самоочищения почв и водоемов от нефти. Углеводородокисляющие микроорганизмы. Особенности физиологии и экологии углеводородокисляющих микроорганизмов, которые необходимо учитывать при отборе штаммов для ремедиации нефтезагрязненных почв и водоемов. Условия среды, влияющие на углеводородокисляющую активность микробиоты.

Технологии восстановления нефтезагрязненных почв и водоемов ex situ и in situ. Стимуляция аборигенной нефтеокисляющей микробиоты: внесение азотно-фосфорно-калийных удобрений, поверхностно-активных веществ, эмульгаторов, повышение порозности и температуры почвы, вспашка, рыхление, известкование. Условия, когда необходима интродукция углеводородокисляющих микроорганизмов – небольшая продолжительность теплого периода года, низкая плотность природной популяции нефтеразрушающих микроорганизмов. Микробные нефтеразрушающие препараты. Сорбенты. Фиторекультивация. Этапы рекультивации нефтезагрязненных почв. Особенности очистки нефтезагрязненных вод.

Тема 3. Биотехнологии очистки сточных вод, водоемов и почв от тяжелых металлов.

Масштабы и источники загрязнения окружающей среды тяжелыми металлами. Почва как геохимический барьер для миграционных потоков тяжелых металлов в биосфере. Механизмы действия тяжелых металлов на микроорганизмы и их адаптационные возможности. Деятельность микроорганизмов (сорбция, аккумуляция, окислительно-восстановительные процессы, метилирование и разрушение металлорганических соединений), меняющая подвижность и содержание тяжелых металлов в природных средах.

Принципы и конкретные микробные технологии очистки жидких отходов от тяжелых металлов.

Фиторемедиация водоемов, отвалов и загрязненных тяжелыми металлами почв. Растения - гипераккумуляторы тяжелых металлов.

Агротехнологии, применяемые на контаминированных радиоактивными элементами почвах.

Тема 4. Биоремедиация почв и водоемов, загрязненных синтетическими органическими соединениями.

Персистентность ксенобиотиков (пестицидов, поверхностно-активных веществ, пластмасс) в окружающей среде и механизмы их микробной деградации. Участие

отдельных микробных популяций и микробных сообществ в разложении ксенобиотиков и приемы стимуляции этого процесса в почвах агротехническими приемами. Принцип, методы скрининга и создание генно-инженерных штаммов-деструкторов ксенобиотиков. Проблемы практического применения микроорганизмов-деструкторов пестицидов в почвах.

Создание биодеградабельных пестицидов и полимерных материалов.

Раздел 11. Биотехнологии в промышленности.

Тема 1. Микробные биогеотехнологии при добыче полезных ископаемых.

Микобиологические и физико-химические факторы выщелачивания металлов из руд. Микроорганизмы, используемые в гидрометаллургии. Биогидрометаллургические технологии переработки руд и концентратов. Сорбция и осаждение металлов микроорганизмами из растворов. Очистка сточных вод от металлов и мышьяка, обезвреживание твердых отходов.

Микробиология нефти. Микробиологические методы увеличения нефтеотдачи пластов.

Тема 2. Биологическая очистка газообразных выбросов предприятий.

Конструкция и принципы работы установок для биологической очистки воздуха (биофильтров, биосткрубберов, биореакторов с омываемым слоем).

Биоагенты для очистки воздуха от восстановленных соединений серы (сероводород, метилмеркаптан), цианидов, летучих органических соединений (углеводородов, ацетона, альдегидов, алифатических кислот и т.д.) (активированный ил, тиобациллы, *Hyphomicrobium spp., Bacillus stearothermophilus*). Биоутилизация двуокиси углерода с использованием фототрофных микроорганизмов (цианобактерий и микроводорослей).

Тема 3. Биоповреждения материалов, сооружений и подземных коммуникаций и способы их защиты.

Микробные агенты коррозии металлов и способы защиты металлических конструкций и изделий. Микробные сообщества, формирующиеся на каменных сооружениях Биоповреждения древесины и деревянных строений. Грибы белой и бурой гнили. Микромицеты-деструкторы природных и синтетических полимерных материалов. Механизмы микробных повреждений материалов и формирования биообрастаний (биопленок). Санитарно-эпидемиологическая опасность развития грибов на материалах в помещениях. Методы оценки биостойкости материалов. Способы предотвращения и борьбы с биоповреждениями конструкционных материалов и зданий.

Тема 4. Биоразлагаемые пластики.

Способы получения биоразлагаемых пластиков. Микробные полимеры для создания новых материалов. Критерии отнесения пластиков к биоразлагаемым и методы определения этого показателя.

Раздел 12. Коммерциализация инновационных биотехнологий.

Защита авторских прав и интеллектуальной собственности в биотехнологии. Объекты патентования. Оценка научно-прикладной разработки (технологические факторы, рыночные факторы, возможности команды разработчиков, охраноспособность разработки и свобода использования интеллектуальной собственности). Действия и этапы коммерциализации научно-исследовательских и опытно-конструкторских разработок. Создание инновационных компаний.

7. **Фонд оценочных средств для оценивания результатов обучения по дисциплине**:

7.1. **Типовые контрольные задания или иные материалы для проведения текущего контроля:**

1. Классификации биотехнологий.
2. Процессы и аппараты биотехнологических производств.
3. Биопрепараты для повышения плодородия почв и продуктивности растений на основе клубеньковых, ассоциативных (PGPB) и свободноживущих бактерий.
4. Механизмы действия бактериальных препаратов, принципы отбора штаммов, производство, условия применения и эффективность.
5. Микоризация растений.
6. Фитогормоны, синтетические и микробные регуляторы роста растений.
7. Риски, связанные с использованием генно-инженерных организмов в сельском хозяйстве.
8. Бактериальные и грибные инсектициды.
9. Способы оптимизации азотного баланса почв.
10. Биодеградация ксенобиотиков микроорганизмами.
11. Биодеградация синтетических полимерных материалов.
12. Проблема создания биодеградируемых пластиков.
13. Биологическое удаление тяжелых металлов и радионуклидов из стоков.
14. Фиторемедиация.
15. Промышленные технологии компостирования. Вермикомпостирование.
16. Очистка почв от нефти и нефтепродуктов. Коммерческие биопрепараты.
17. Очистка сточных вод.

18. Разработки биоэлектрохимических устройств и водородных фотореакторов.
19. Биотопливо.
20. Биогеотехнологии в добыче металлов.
21. Защита авторских прав и интеллектуальной собственности в биотехнологии.
22. Объекты патентования.
23. Действия и этапы коммерциализации научно-исследовательских и опытно-конструкторских разработок.

7.2. **Типовые контрольные вопросы, задания или иные материалы для проведения промежуточной аттестации:**

1. История развития экологической и сельскохозяйственной биотехнологии.
2. Классификации биотехнологий.
3. Процессы и аппараты биотехнологических производств.
4. Почвенные биотехнологии в земледелии.
5. Бактериальные препараты в растениеводстве.
6. Фиторегуляторы в растениеводстве.
7. Микоризные грибы в растениеводстве и лесном хозяйстве.
8. Технологии получения препаратов эктомикоризных грибов и приемы микоризации при лесоразведении.
9. Биотехнологии защиты растений от вредителей.
10. Микроорганизмы, используемые для защиты растений от грибных и бактериальных болезней. Механизмы их действия.
11. Микогербициды.
12. Технологии получения препаратов эктомикоризных грибов и приемы микоризации при лесоразведении.
13. Этапы разработки препаратов для защиты растений от болезней.
14. Биопрепараты для повышения плодородия почв и продуктивности растений на основе клубеньковых, ассоциативных (PGPB) и свободноживущих бактерий.
15. Механизмы действия бактериальных препаратов, принципы отбора штаммов, производство, условия применения и эффективность.
16. Риски, связанные с использованием генно-инженерных организмов в сельском хозяйстве.
17. Бактериальные и грибные инсектициды.
18. Регулирование микробиологических процессов трансформации азота в почвах.

19. Токсичность почв в агроэкосистемах и мероприятия по ее предотвращению и устранению.
20. Роль биоты в формировании почвенных агрегатов и способы повышения их водопрочности.
21. Компостирование. Используемые субстраты и отходы, условия и организмы, участвующие в компостировании, стадии, физико-химические и микробиологические процессы.
22. Микробные технологии очистки жидких отходов от тяжелых металлов.
23. Производства биогаза, биоэтанола и биодизеля.
24. Требования к биотехнологическим производствам и биопрепаратам для природоохранных работ.
25. Биотехнологии добычи металлов.
26. Биологическая очистка сточных вод.
27. Биотехнологии очистки газовоздушных выбросов.
28. Биологическая переработка твердых отходов.
29. Биотрансформация, биодеструкция и биодоступность органических ксенобиотиков.
30. Биотестирование и биоиндикация токсикантов.
31. Фиторемедиация водоемов, отвалов и загрязненных тяжелыми металлами почв.
32. Определение и принципы биоремедиации. Стратегии по очистке загрязненных объектов окружающей среды. Биоремедиация почв.
33. Биотехнологии очистки нефтезагрязненных почв и водоемов.
34. Микробные нефтеразрушающие препараты. Сорбенты.
35. Этапы рекультивации нефтезагрязненных почв.
36. Биоутилизация двуокиси углерода с использованием фототрофных микроорганизмов.
37. Принцип, методы скрининга и создание генно-инженерных штаммов-деструкторов ксенобиотиков.
38. Создание биодеградабельных пестицидов и полимерных материалов.
39. Биоповреждения материалов, сооружений и подземных коммуникаций и способы их защиты.
40. Коммерциализация инновационных биотехнологий.

8. **Шкала и критерии оценивания результатов обучения по дисциплине:**

В таблице представлена шкала оценивания результатов обучения по дисциплине. Уровень знаний обучающегося оценивается на "отлично", "хорошо", "удовлетворительно", "неудовлетворительно".

Оценка "отлично" выставляется, если обучающийся демонстрирует сформированные систематические знания, умения и навыки их практического использования. Оценка "хорошо" ставится, если при демонстрации знаний, умений и навыков студент допускает отдельные неточности (пробелы, ошибочные действия) непринципиального характера. При несистематических знаниях, демонстрации отдельных (но принципиально значимых навыков) и затруднениях в демонстрации других навыков выставляется оценка «удовлетворительно». Оценка "неудовлетворительно" ставится, если знания и умения фрагментарны, а навыки отсутствуют.

ШКАЛА И КРИТЕРИИ ОЦЕНИВАНИЯ результатов обучения (РО) по дисциплине				
Оценка РО и соответствующие виды оценочных средств	**2**	**3**	**4**	**5**
Знания	Отсутствие знаний	Фрагментарные знания	Общие, но не структурированные знания	Сформированные систематические знания
Умения	Отсутствие умений	В целом успешное, но не систематическое умение	В целом успешное, но содержащее отдельные пробелы умение (допускает неточности непринципиального характера)	Успешное и систематическое умение
Навыки (владения, опыт деятельности)	Отсутствие навыков (владений, опыта)	Наличие отдельных навыков (наличие фрагментарного опыта)	В целом, сформированные навыки (владения), но используемые не в активной форме	Сформированные навыки (владения), применяемые при решении задач

9. **Ресурсное обеспечение:**

- Перечень основной и дополнительной учебной литературы:
  1. Чечина О.Н. Общая биотехнология : учеб. пособие для вузов. / О. Н. Чечина. - М. : Юрайт, 2021. – 264 с.
  2. Общая биотехнология : учеб. для студентов вузов. / [В. В. Ревин и др.] ; Федер. гос. бюджет. образоват. учреждение высш. проф. образования "Морд. гос. ун-т им. Н. П. Огарева". - Саранск : Изд-во Морд. ун-та, 2015. – 603 с.
  3. Прикладная экобиотехнология : учеб. пособие для студентов : в 2 т.. : Т. 1. / [А. Е. Кузнецов и др.]. - М. : БИНОМ. Лаб. знаний, 2019. – 629 с.
  4. Прикладная экобиотехнология : учеб. пособие для студентов : в 2 т.. : Т. 2. / [А. Е. Кузнецов и др.]. - М. : БИНОМ. Лаб. знаний, 2019. – 485 с.
  5. Исмаилов Н.М. Научные основы практической экобиотехнологии : монография. / Н. М. Исмаилов. - М. : ИНФРА-М, 2020. – 412 с.
  6. Нетрусов А.И. Введение в биотехнологию : учеб. для студентов вузов. / А. И. Нетрусов. - М. : Академия, 2015. – 28 с.

7. Сельскохозяйственная биотехнология и биоинженерия : учеб. для студентов вузов. / [Шевелуха В. С. и др.] ; под ред. В. С. Шевелухи. - М. : URSS : ЛЕНАНД, 2015. - 700 с.
8. Экология микроорганизмов : учеб. для бакалавров. / Нетрусов А.И. [и др.] ; под общ. ред. А. И. Нетрусова. - М. : Юрайт, 2019. – 266 с.
9. Луканин А.В. Инженерная биотехнология: процессы и аппараты микробиологических производств : учеб. пособие для студентов вузов. / А. В. Луканин. - М. : ИНФРА-М, 2016. – 449 с.
10. Куликов Н. И., Ножевникова А.Н., Зубов Г.М. и др. Очистка муниципальных сточных вод с повторным использованием воды и обработанных осадков. М.: «Логос». 2014. 396 с.
11. Саловарова В.П. Эколого-биотехнологические основы конверсии растительных субстратов : Учеб.пособие для студентов вузов. / В.П.Саловарова, Ю.П.Козлов. - М. : Изд-во Рос.ун-та дружбы народов, 2001. – 331 с.
12. Горленко В. А.Научные основы биотехнологии : учеб. пособие. : Ч. 1. Нанотехнологии в биологии / В. А. Горленко, Н. М. Кутузова, С. К.Пятунина ; Федер. гос. бюджет. образоват. учреждеие высш. проф. образования "Моск. пед. гос. ун-т". - М. : МПГУ : Прометей, 2013. – 261 с.
13. Биологическая очистка производственных сточных вод : Процессы, аппараты и сооружения. / С.В. Яковлев, И.В. Скирдов, В.Н. Швецов и др. ; Под ред. С.В. Яковлева. - М. : Стройиздат, 1985. – 208 с.
14. Ксенофонтов Б.С. Биологическая очистка сточных вод : учеб. пособие. / Б. С. Ксенофонтов. - М. : ИНФРА-М, 2021. – 253 с.
15. Пехташева Е.Л. Биоповреждения непродовольственных товаров : учеб. для студентов вузов. / Е. Л. Пехташева; под ред. А. Н. Неверова. - М. : Дашков и К', 2012. – 331 с.
16. Биология почв: Учеб.для студентов вузов. / Д.Г.Звягинцев,И.П.Бабьева,Г.М.Зенова; Моск.гос.ун-т им.М.В.Ломоносова. - М. : Изд-во Моск.ун-та, 2005. – 445 с.
17. Биотехнология: Т. 27. Очистка и дезодорация промышленных газов с помощью микроорганизмов / Под ред. В.А. Быкова; АН СССР, ВИНИТИ. - М. : ВИНИТИ, 1989. – 183 с.
18. Карасевич Ю.Н. Основы селекции микроорганизмов, утилизирующих синтетические органические соединения / Ю.Н. Карасевич. - М. : Наука, 1982. – 142 с.

- Перечень лицензионного программного обеспечения
- Перечень профессиональных баз данных и информационных справочных систем: http://elibrary.ru/defaultx.asp - научная электронная библиотека, крупнейший Российский информационный портал в области науки, технологии, медицины и образования, содержащий рефераты и полные тексты более 38 млн научных статей и публикаций.
- Перечень ресурсов информационно-телекоммуникационной сети «Интернет» (при необходимости)
- Описание материально-технической базы

1. Помещения – аудитория, рассчитанная на группу из 10-15 учащихся.

2. Оборудование - мультимедийный проектор, компьютер, экран, выход в Интернет.
3. Расходные материалы – бумага, картриджи для принтера.

10. **Язык преподавания:** русский

11. **Преподаватель (преподаватели):**
Костина Наталья Викторовна
Должность: доцент кафедры биологии почв,
Ученая степень кандидат биологических наук (год присуждения 1995, диссертационный совет К.053.05.86, МГУ)
Ученое звание: без звания

12. **Разработчики программы:**
Костина Наталья Викторовна
Должность: доцент кафедры биологии почв,
Ученая степень кандидат биологических наук (год присуждения 1995, диссертационный совет К.053.05.86, МГУ)
Ученое звание: без звания

13. **Краткая аннотация дисциплины:** Курс направлен на формирование современных представлений об уровне научных достижений в области биотехнологии, знакомит со сферами практического применения биотехнологий, ориентированных на защиту окружающей среды и рациональное природопользование. Курс дает представление о подходах к экспериментальным исследованиям при разработке биотехнологий, получению биологических препаратов и их использованию в сельском хозяйстве. В рамках курса рассматриваются безопасные биотехнологические процессы в промышленности, при добыче полезных ископаемых, переработке отходов. Курс систематизирует знания о современных методах очистки промышленных и бытовых стоков, биоремедиации почв, очистке и дезодорации газовоздушных выбросов. В рамках курса рассматриваются экологически безопасные процессы производства биотоплива, биоудобрений, микробного белка, биопластиков. Курс формирует системное представление о новейших биотехнологических процессах и развивает навыки критического анализа и поиска оптимальных биотехнологий.