Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего профессионального образования
Московский государственный университет имени М.В. Ломоносова
Факультет почвоведения

УТВЕРЖДАЮ

и.о. декана П.В. Красильников /_____ /

«___» _____20__ г.

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ

Наименование дисциплины:

Экологическая биотехнология

Уровень высшего образования:
Магистратура

Направление подготовки (специальность):

05.04.06 «Экология и природопользование»

Направленность (профиль) ОПОП:

Управление земельными ресурсами и биологический контроль окружающей среды

Форма обучения: очная

Рабочая программа рассмотрена и одобрена учебно-методической комиссией факультета почвоведения (протокол №_____, дата _____)

Москва 2021

На обратной стороне титула:

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 утвержден решением Ученого совета МГУ имени М.В. Ломоносова от *28 декабря* 2020 года (протокол № *7*).

1. **Место дисциплины в структуре ОПОП:** вариативной части, профильная дисциплина

2. **Входные требования для освоения дисциплины, предварительные условия:** до данной дисциплины студентами должны быть освоены Общая химия, Физическая химия, Коллоидная химия, Органическая химия, Почвоведение, а также спецкурсы «Экология бактерий», «Экология грибов», «Экология актиномицетов», «Экология дрожжей», «Биологический контроль окружающей среды», «Экологическая биохимия», «Экофизиология почвенных организмов», «Роль микроорганизмов в глобальных биосферных процессах».

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**
М-СПК-5. Способен применять в профессиональной деятельности знания о химическом составе, строении и функционировании живой клетки, особенностях метаболизма у про- и эукариот, межорганизменных взаимодействиях и метаболитах, регулирующих эти процессы	М-СПК-5.2. Применяет в профессиональной деятельности знания о межорганизменных взаимодействиях и метаболитах, регулирующих эти процессы	Знает об особенностях метаболизма различных прокариотных и эукариотных организмов, а также о межорганизменных взаимодействиях, регулируемых этими соединениями; знаком с основными группами биопрепаратов и способами их получения. Понимает значение биотехнологии в сельском и лесном хозяйстве. Способен подобрать биопрепараты, позволяющие заменить химические пестициды и удобрения
М-СПК-6. Способен применять на практике знание основополагающих принципов биологических круговоротов веществ и химических элементов, геохимических функций и значимости	М-СПК-6.1. Применяет на практике знание основополагающих принципов биологических круговоротов веществ и химических элементов	Знает основные реализованные на практике достижения экологической биотехнологии, направления актуальных исследований. Готов дать рекомендации по использованию реальных биотехнологий для производства безопасных и полезных продуктов, предложить решения природоохранных проблем в

различных экофизиологических групп прокариот и эукариот в биосфере		аграрном и промышленном производстве, городском хозяйстве (водоочистке и переработке отходов)
	М-СПК-6.2. Применяет на практике знания о геохимических функциях и роли в биосферных процессах различных экофизиологических групп про- и эукариотных организмов	Знает о методах биоремедиации загрязненных почв, грунтов и водных объектов; путях разработки и модернизации технологических схем производств, методиках технико-экономической и экологической оценки реализуемых в природных условиях биотехнологий. Способен дать рекомендации по использованию биологических методов переработки отходов, обезвреживания загрязнений в воде, воздухе и почве

4. **Объем дисциплины** _____*2*____з.е.**,** в том числе _____*24*_____академических часов на контактную работу обучающихся с преподавателем, _____*48*_____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**		
		Занятия лекционного типа	Занятия семинарского типа (семинары)	Занятия семинарского типа (лабораторные)	Занятия семинарского типа (практические)	**Всего**	Анализ научной литературы	Подготовка презентаций, докладов, рефератов	**Всего**
Раздел 1. Основные задачи и история биотехнологии, биотехнологические производства	**4**		**2**			**2**	**2**		**2**
Раздел 2. Почвенные биотехнологии в земледелии	**4**		**2**			**2**	**2**		**2**
Раздел 3. Бактериальные препараты, фиторегуляторы и микоризные грибы в растениеводстве и лесном хозяйстве	**6**		**2**			**2**	**2**	**2**	**4**
Раздел 4. Биотехнологии защиты растений от вредителей	**6**		**2**			**2**	**2**	**2**	**4**

Раздел 5. Биотехнологии защиты растений от болезней и сорняков	**6**		**2**			**2**	**2**	**2**	**4**
Форма текущей аттестации по разделам –	*Доклады с презентациями, дискуссия*								
Раздел 6. Переработка отходов и растительного сырья для получения пищевых и кормовых продуктов, биотоплива	**6**		**2**			**2**	**2**	**2**	**4**
Раздел 7. Биологическая переработка жидких отходов и сточных вод	**6**		**2**			**2**	**2**	**2**	**4**
Раздел 8. Биологическая переработка твердых отходов	**6**		**2**			**2**	**2**	**2**	**4**
Раздел 9. Биотехнологии контроля загрязнения объектов окружающей среды и сельскохозяйственной продукции	**6**		**2**			**2**	**2**	**2**	**4**
Раздел 10. Биоремедиация загрязненных почв и водоемов (общие принципы)	**6**		**2**			**2**	**2**	**2**	**4**
Раздел 11. Биотехнологии добычи металлов, очистки газовоздушных выбросов, биостойкость и биоразлагаемость пластиков	**6**		**2**			**2**	**2**	**2**	**4**

Раздел 12. Коммерциализация инновационных биотехнологий	**6**		**2**			**2**	**2**	**2**	**4**
Форма текущей аттестации по разделам –	*Доклады с презентациями, дискуссия*								
Промежуточная аттестация	*Зачёт*						4		
Итого:	72								

Подробное содержание разделов и тем дисциплины:

Раздел 1. Основные задачи и история биотехнологии, биотехнологические производства.

Введение.

имфяОпределение биотехнологии. Краткая история развития. Мировой рынок продуктов биотехнологии. Экологические и энергетические проблемы современного промышленного и сельскохозяйственного производства и необходимость биотехнологических подходов для их решения. Классификация биотехнологий. Определение предмета и места экологической биотехнологии в системе научных и технологических дисциплин. Основные задачи экологической биотехнологии.

Процессы и аппараты биотехнологических производств.

Обобщенная схема биотехнологических производств. Микробиологические и технологические факторы эффективности производств. Культивирование микроорганизмов. Значение асептики и борьба с микробами-контаминантами. Биореакторы. Системы GLP и GMP. Разделение биомассы и жидкости. Дезинтеграция клеток. Экстрагирование. Концентрирование и выделение целевых продуктов микробиологического процесса. Сушка препаратов при поверхностном и глубинном культивирование микроорганизмов. Измельчение, гранулирование, стандартизация и фасовка продуктов микробиологических производств.

Раздел 2. Почвенные биотехнологии в земледелии.

Почвенные биотехнологии в управления биотой, повышение продуктивности культур и оптимизации круговорота питательных элементов и улучшение качества почв. Особенности биоты почв при разных системах земледелия. Влияние обработки, мелиорации, систем удобрения на биоту почв и судьба агрохимикатов в почвенных экосистемах.

Агротехнические и агрохимические приемы снижения потерь питательных элементов из почвы и поддержания органического вещества, борьбы с фитопатогенами и вредителями.

Отношение C/N в органических удобрениях, влияние его на процессы иммобилизации и минерализации азота и эффективность внесенного удобрения, обогащение почвы органическим веществом. Применение ингибиторов нитрификации, способы снижения активности денитрификации и активизации азотфиксации. Смешанные посевы бобовых и небобовых культур. Сидераты. Гуматы. Фумигация. Прогревание почв под пленкой для снижения популяции патогенов. Супрессивные почвы и их использование для предотвращения корневых инфекций растений.

Токсичность почв в агроэкосистемах, условия, обусловливающие ее проявления и мероприятия по ее предотвращению и устранению.

Роль растений, микоризных и сапротрофных грибов, внеклеточных микробных полимерных соединений, водорослей, беспозвоночных в формировании водопрочных агрегатов и порозности почв. Способы повышения стабильности почвенных агрегатов. Интродукция дождевых червей в почвы.

Микробные препараты для повышения плодородия почв и продуктивности растений.

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

Симбиоз клубеньковых бактерий и бобовых. Значение атмосферного азота, фиксируемого клубеньковыми бактериями (ризобиями), в питании бобовых и масштабы его поступления в почвы. Систематика и экология ризобий (*Rhizobium, Bradyrhizobium, Photorhizobium, Azorhizobium, Sinorhizobium).* Стадии формирования клубенька и молекулярно-биохимические механизмы симбиотической фиксации азота. Принципы отбора штаммов ризобий для применения в сельском хозяйстве (специфичность, нитрогеназная активность, вирулентность, конкурентноспособность, стабильность свойств). Технологии производства ризоторфина (нитрагина): выращивание и хранение штаммов ризобий, получение посевной, маточной культуры и выращивание в ферментере, подготовка носителя (торфа), стерилизация и инокуляция торфа, микробиологический контроль производства, хранение препаратов. Применение ризоторфина (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 папортником (*Azolla*). Производство биомассы симбиотической ассоциации *Anaebaena-Azolla* в тропических странах в открытых водоемах 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 почв лесных экосистем. Использование этих пород деревьев в смешанных посадках при освоении бедных почв.

Повышения продуктивности растений и качества почвы на основе свободноживущих и ассоциативных микроорганизмов. 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 и зеленых водорослей для повышения продуктивности растений и качества почвы.

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

Фитогормоны, синтетические и микробные регуляторы роста растений.

Молекулярный механизм действия фитогормонов, гормон-рецепторный (белковый) комплекс и регуляция им экспрессии генов и активности ферментов в растении. 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).

Применение микоризных и эндотрофных грибов в растениеводстве.

Классификация и строение микоризы у древесных и травянистых растений. Эндотрофные грибы. Механизмы влияния микоризы на растения: улучшение минерального питания (снабжения фосфором и другими элементами), повышение устойчивости к патогенам, засухе, продукция фитогормонов. 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) у сельскохозяйственных растений). Отбор эндомикоризных грибов, производство инокулята (выделение спор, горшечные культуры, получение чистых инфицированных корней, масштабирование инокулята в полевых условиях) 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, -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.

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 разработка 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.

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, 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.

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.).

Биотопливо.

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.

Биологическая обработка органических отходов.

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 (общие принципы).

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.

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.

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.

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 добычи металлов, очистки газовоздушных выбросов, биостойкость и биоразлагаемость пластиков

Микробные технологии, используемые для добычи металлов и предотвращении загрязнения окружающей среды при таких производствах.

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

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).

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.

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:**

Рекомендуемые темы докладов:

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. Внутриклеточные бактерии эндомикоризных грибов.
7. Фитогормоны, синтетические и микробные регуляторы роста растений.
8. Молекулярный механизм действия фитогормонов. Классификация, функции и применение фитогормонов.
9. Риски, связанные с использованием генно-инженерных организмов в сельском хозяйстве.

10. Бактериальные и грибные инсектициды.
11. Отношение C/N в органических удобрениях, влияние на иммобилизацию и минерализацию азота, обогащение почвы органическим веществом.
12. Применение ингибиторов нитрификации, способы снижения денитрификации и активизации азотфиксации.
13. Гуматы.
14. Биодеградация ксенобиотиков лигнолитическими микроорганизмами.
15. Биодеградация синтетических полимерных материалов.
16. Проблема создания биодеградируемых пластиков.
17. Биологическое удаление тяжелых металлов и радионуклидов из стоков.
18. Фиторемедиация.
19. Очистка почв от нефти и нефтепродуктов. Коммерческие биопрепараты.
20. Технология активированного ила.
21. Разработки биоэлектрохимических устройств и водородных фотореакторов.
22. Биотопливо.
23. Биосорбция металлов из растворов.
24. Защита авторских прав и интеллектуальной собственности в биотехнологии.
25. Объекты патентования.
26. 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. Механизмы и спектр действия энтомопатогенов (бактерий, грибов), используемых для создания биопрепаратов бакуловирусов, микроспоридий, энтомопатогенных нематод.
12. Бактериальные инсектициды на основе *Bacillus thuringiensis*. Композиционный состав биопрепаратов.
13. Микогербициды.
14. Технологии получения препаратов эктомикоризных грибов и приемы микоризации при лесоразведении.
15. Этапы разработка препаратов для защиты растений от болезней.
16. Биопрепараты для повышения плодородия почв и продуктивности растений на основе клубеньковых, ассоциативных (PGPB) и свободноживущих бактерий.
17. Механизмы действия бактериальных препаратов, принципы отбора штаммов, производство, условия применения и эффективность.
18. Микоризация растений.
19. Фитогормоны, синтетические и микробные регуляторы роста растений.
20. Молекулярный механизм действия фитогормонов. Классификация, функции и применение фитогормонов.
21. Риски, связанные с использованием генно-инженерных организмов в сельском хозяйстве.
22. Бактериальные и грибные инсектициды.
23. Биодеградация ксенобиотиков лигнолитическими микроорганизмами.
24. Применение ингибиторов нитрификации, способы снижения денитрификации и активизации азотфиксации в почвах.
25. Токсичность почв в агроэкосистемах и мероприятия по ее предотвращению и устранению.
26. Роль биоты в формировании почвенных агрегатов и способы повышения их водопрочности.
27. Деятельность микроорганизмов, меняющая подвижность и содержание тяжелых металлов в природных средах.
28. Биотехнологии выращивания спирулины и применение препаратов на ее основе.
29. Компостирование. Используемые субстраты и отходы, условия и организмы, участвующие в компостировании, стадии, физико-химические и микробиологические процессы.
30. Вермикомпостирование.
31. Промышленные технологии компостирования.

32. Принципы и конкретные микробные технологии очистки жидких отходов от тяжелых металлов.
33. Производства биогаза, биоэтанола и биодизеля.
34. Механизмы и скорость самоочищения почв и водоемов от нефти.
35. Углеводородокисляющие микроорганизмы.
36. Требования к биотехнологическим производствам и биопрепаратам для природоохранных работ.
37. Биологическая переработка твердых отходов.
38. Биотехнологии добычи металлов.
39. Биологическая переработка жидких отходов и сточных вод.
40. Биотехнологии очистки газовоздушных выбросов.
41. Биологическая переработка твердых отходов.
42. Технология активированного ила.
43. Биотрансформация, биодеструкция и биодоступность органических ксенобиотиков.
44. Биодеструкция природных и синтетических полимерных материалов. Биотестирование и биоиндикация токсикантов.
45. Требования, предъявляемые к биомаркерам, биоиндикаторам и биологическим тест-системам.
46. Критерии отнесения пластиков к биоразлагаемым и методы определения этого показателя.
47. Сорбция и осаждение металлов микроорганизмами из растворов.
48. Очистка сточных вод от металлов и мышьяка.
49. Этапы разработки биоремедиционного проекта.
50. Микробные технологии, используемые для добычи металлов и предотвращении загрязнения окружающей среды при этих производствах.
51. Фиторемедиация водоемов, отвалов и загрязненных тяжелыми металлами почв.
52. Определение и принципы биоремедиации. Стратегии по очистке загрязненных объектов окружающей среды.
53. Биоремедиация почв.
54. Биотехнологии очистки нефтезагрязненных почв и водоемов.
55. Микробные нефтеразрушающие препараты. Сорбенты.
56. Этапы рекультивации нефтезагрязненных почв.
57. Биоутилизация двуокиси углерода с использованием фототрофных микроорганизмов.

58. Принцип, методы скрининга и создание генно-инженерных штаммов-деструкторов ксенобиотиков.
59. Создание биодеградабельных пестицидов и полимерных материалов.
60. Микотоксины и их продуценты. Условия накопления микотоксинов в сельскохозяйственной продукции и методы их обнаружения.
61. Биоповреждения материалов, сооружений и подземных коммуникаций и способы их защиты.
62. 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**
	Незачёт	*Зачёт*		
Знания *(виды оценочных средств: устные и письменные опросы, тесты)*	Отсутствие знаний	Фрагментарные знания	Общие, но не структурированные знания	Сформированные систематические знания
Умения *(виды оценочных средств: написание и защита рефератов на заданную тему и т.п.)*	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	Отсутствие навыков	Наличие отдельных	В целом, сформированные	Сформированные навыки

деятельности) *(виды оценочных средств: подбор литературы, подготовка и представление презентации и доклада, участие в дискуссии)*	(владений, опыта)	навыков (наличие фрагментарного опыта)	навыки (владения), но используемые не в активной форме	(владения), применяемые при решении задач

9. **Ресурсное обеспечение:**

- Перечень основной и дополнительной учебной литературы

Основная литература:

1. *Кузнецов А.Е., Градова Н.Б., Лушников С.В., Энгельгарт М., Вайссер Т., Чеботаева М.В.* Прикладная экобиотехнология: учебное пособие в 2-х томах. М.: «БИНОМ. Лаборатория знаний». 2019.
2. Экологическая биотехнология (под ред. К.Ф. Фостер, Д.А.Дж. Вейз). Л.: «Химия». 1990.
3. Промышленная микробиология (под ред. Н.С. Егорова). М.: «Высшая школа». 1989.
4. Биотехнология. Принципы и применение (пер. с англ.) (под ред. И. Хиггинса, Д. Беста, Дж. Джонса). М.: «Мир». 1988.
5. *Шевелуха В.С., Калашникова Е.А., Воронин Е.С. и др.* Сельскохозяйственная биотехнология: Учебник для вузов (под ред. В.С. Шевелуха). М.: «Высшая школа». 2008
6. Фундаментальная фитопатология (под ред. Ю.Т. Дьякова). М.: «КРАСАНД». 2012
7. *Нетрусов А.И., Бонч-Осмоловская Е.А., Горленко В.М. и др.* Экология микроорганизмов: Учебник для студенческих вузов (под ред. А.И. Нетрусова). М.: «Юрайт». 2013

Дополнительная литература:

1. *Кузнецов А.Е., Градова Н.Б.* Научные основы экобиотехнологии. М.: «Мир». 2006.
2. Биотехнология биологически активных веществ. Учебное пособие для студентов высших учебных заведений (под ред. И.М. Грачевой, Л.А. Ивановой). М.: «НПО «Элевар». 2006. Ревин В.В., Кадималиев Д.А., Атыкян Н.А. Введение в биотехнологию: от пробирки до биореактора. Саранск: «Изд- во Мордовского ун-та». 2006.

3. *Lynch M.* Soil Biotechnology: microbiological factors in crop productivity. Oxford – London - Edinburgh –Boston – Carton. Blackwell Scientific Publ. LTD. 1983
4. Биотехнология (под ред. Н.С. Егорова, В.Д. Самуилова) в 8 тт. М.: «Высшая школа». 1987
5. *Бирюков В.В., Кантере В.М.* Оптимизация периодических процессов микробиологического синтеза. М.: «Наука». 1985
6. *Елинов Н.П.* Основы биотехнологии. Для студентов институтов, аспирантов и практических работников. СПб.: «Наука». 1995
7. *Штерншис М.В., Джалилов Ф.С.-У., Андреева И.В., Томилова О.Г.* Биологическая защита растений (под ред. М.В. Штерншис). М.: «Лань». 2018
8. *Емцев В.Т., Мишустин Е.Н.* Микробиология. М.: «Юрайт». 2012
9. *Саловарова В.П., Козлов Ю.П.* Эколого-биотехнологические основы конверсии растительных субстратов: Учебное пособие. М.: «Изд-во РУДН». 2001
10. *Волова Т.Г.* Биотехнология . Новосибирск: «Изд-во Сибирского отделения Российской Академии наук». 1999
11. *Гапонов К.П.* Процессы и аппараты микробиологических производств. М.: «Легкая и пищевая промышленность». 1981
12. *Синицын А.П., Гусаков А.В., Черноглазов В.М.* Биоконверсия лигноцеллюлозных материалов. М.: «Издательство Московского университета». 1995
13. *Звягинцев Д.Г., Бабьева И.П., Зенова Г.М.* Биология почв: Учебник. М.: «Издательство МГУ». 2005
14. Микроорганизмы и охрана почв (под ред. Д.Г. Звягинцева). М.: «Издательство МГУ». 1989
15. *Кураков А.В., Ильинский В.В., Котелевцев С.В., Садчиков А.П.* Биоиндикация и реабилитация экосистем при нефтяных загрязнениях. Учебное пособие (под ред. А.П. Садчикова, С.В. Котелевцева). М.: «Издательство ″Графикон″». 2006
16. *Андреюк Е.И., Билай В.И., Коваль Э.З., Козлова И.А.* Микробная коррозия и ее возбудители. К.: «Наукова Думка». 1980
17. *Ильичев В.Д., Бочаров Б.В., Анисимов А.А. и др.* Биоповреждения: Учебное пособие для биологических специализированных вузов (под ред. В.Д. Ильичева). М.: «Высшая школа». 1987
18. *Бейли Дж., Оллис Д.* Основы биохимической инженерии (в 2-х частях). М.: «Мир». 1989
19. *Телитченко М.М., Остроумов С.А.* Введение в проблемы биохимической экологии. М.: «Наука». 1990

20. *Каравайко Г.А.* Микробиологические процессы выщелачивания металлов из руд. М.: «Центр междунар. проектов ГКНТ». 1984
21. *Карасевич Ю.Н.* Основы селекции микроорганизмов, утилизирующих синтетические органические соединения. М.: «Наука». 1982
22. *Карюхина Т.А., Чурбанова И.Н.* Химия воды и микробиология. М.: «Стройиздат». 1983
23. *Яковлев С.В., Скирдов И.В., Швецов В.Н. и др.* Биологическая очистка производственных сточных вод: Процессы, аппараты и сооружения. М.: «Стройиздат». 1985
24. *Яковлев С.В., Карюхина Т.А.* Биохимические процессы в очистке сточных вод активным илом. М.: «Наука». 1979
25. *Винаров А.Ю., Садыров О.А., Лобанов Ф.И.* Очистка и дезодорация промышленных газов с помощью микроорганизмов. Итоги науки и техники. Серия «Биотехнология», т. 27. М.: «Издательство ВИНИТИ АН СССР». 1989

- Перечень лицензионного программного обеспечения
- Перечень профессиональных баз данных и информационных справочных систем
- Перечень ресурсов информационно-телекоммуникационной сети «Интернет» (при необходимости)
- Описание материально-технической базы

10. **Язык преподавания:** *русский*

11. **Преподаватель:**

Кураков Александр Васильевич

Заведующий кафедрой микологии и альгологии Биологического факультета МГУ

Доктор биологических наук (2003, совет Д 501.001. 57 при МГУ имени М.В. Ломоносова)

Доцент по кафедре (2002)

12. **Разработчик программы:**

Кураков Александр Васильевич

Заведующий кафедрой микологии и альгологии Биологического факультета МГУ

Доктор биологических наук (2003, совет Д 501.001. 57 при МГУ имени М.В. Ломоносова)

Доцент по кафедре (2002)

13. **Краткая аннотация дисциплины:**

Курс знакомит студентов с современным состоянием научных исследований и сферами практического применения почвенных биотехнологий. Дает представление о подходах к экспериментальным исследованиям при разработке биотехнологий, получению биологических препаратов и их использованию в сельском хозяйстве, а также методах переработки отходов и решения других задач охраны окружающей среды. Развивает навыки критического анализа и поиска оптимальных почвенных биотехнологий.