

## Лекции «Экологическая биотехнология»

Преподаватель: проф., д.б.н. Александр Васильевич Кураков

Объем курса – 36 часов.

Форма отчетности – экзамен.

### ПРОГРАММА ПО КУРСУ «ЭКОЛОГИЧЕСКАЯ БИОТЕХНОЛОГИЯ»

#### III КУРС БИОЛОГИЧЕСКИЙ ФАКУЛЬТЕТ МГУ КАФ. МИКОЛОГИИ И АЛЬГОЛОГИИ

##### **Введение**

Определение 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 культивировании микроорганизмов. Измельчение, гранулирование, стандартизация и фасовка продуктов микробиологических производств.

##### **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-ризобияльного симбиоза.

Симбиотическая азотфиксирующая ассоциация цианобактерий *Anaebaena (Nostoc)* с водным папоротником (*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, гибберелинов, 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.

### **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, фузикоцинов). 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, фузикококцина, 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 бактериями-ассоциантами (МНВ). Внутриклеточные бактерии эндомикоризных грибов. Ситуации, когда необходимо применение АМ грибов. Микоризация для повышения приживаемости растений при рекультивации отвалов.

### **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, микоафин, 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.

Бактородентициды.

### **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 экзониши 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 tumefaciens* 84; корневых гнилей - триходермином; бактериального рака и пятнистости растений - пентафагом).

Технологии формирования иммунитета у растений к патогенам (вакцинация, препараты иммуноцитифит, 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.

### **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.

### **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, обуславливающие 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.

#### **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.

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).

### **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 показателей 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.

### **Биоремедиация загрязненных почв и водоемов (общие принципы).**

Определение и принципы биоремедиации. Стратегии по очистке загрязненных объектов окружающей среды: интенсификация деградации и удаления загрязнителей *in situ*; технологии *ex situ* - перенос почвы на специальные площадки, приспособленные для проведения мероприятий по деkontаминации 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 загрязнителя) и биоогментации (внесения микроорганизмов с катаболическими возможностями деструкции загрязнителя, которые отсутствовали у природной микробиоты). Иммуобилизация микроорганизмов на носителях для повышения их устойчивости к неблагоприятным условиям и их метаболической активности.

Физико-химические ограничения (отсутствие контакта микроорганизмов с загрязнителем, загрязнитель 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 загрязнителей).

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

Примеры конкретных технологий биоремедиации почв и водоемов от загрязняющих веществ. *Этапы биоремедиационного 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. Угледородокисляющие микроорганизмы. Особенности физиологии и экологии угледородокисляющих микроорганизмов, которые необходимо учитывать при отборе штаммов для ремедиации нефтезагрязненных почв и водоемов. Условия среды, влияющие на угледородокисляющую 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 угледородокисляющих 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 биodeградебельных пестицидов и полимерных материалов.

**Микробные технологии, используемые для добычи металлов и предотвращения загрязнения окружающей среды при этих производствах.** Микроорганизмы, важные для гидрометаллургии. Микробиологические 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, биострубберов, 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.

### **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.

## **ЛИТЕРАТУРА**

### **Основная**

*Волова Т.Г.* Биотехнология. Новосибирск. Изд-во Сибирского отделения Российской Академии наук. 1999. 252 с.

*Гапонов К.П.* Процессы и аппараты микробиологических производств. М. Легкая и пищевая пром-сть. 1981. 240 с.

*Грачева И.М., Иванова Л.А.*(ред.). Биотехнология биологически активных веществ. Учебное пособие для студентов высших учебных заведений. М. Изд-во НПО «Элевар». 2006. 453 с.

*Егоров Н.С.* (ред.). Промышленная микробиология. М. Высшая школа. 1989. 688 с.

*Кузнецов А.Е., Градова Н.Б.* Научные основы экобиотехнологии. М. Мир. 2006. 504 с.

*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. 2010. Т. 1 629 с., Т. 2. 485 с.

*Нетрусов А.И.* (ред.). Экология микроорганизмов: Учеб. для студ. вузов. М. Издательский центр «Академия». 2004. 272 с.

*Фостер К.Ф., Вейза Д.А.Д.* (ред.). Экологическая биотехнология. Л. Химия. 1990.

*Хиггинс И., Бест Д., Джонс Д.* (ред.). Биотехнология. Принципы и применение. М. Мир. 1988. 480 с.

*Шевелуха В.С.* (ред.). Сельскохозяйственная биотехнология: Учебник. М. Высшая школа. 2003. 469 с.

Lynch M. Soil Biotechnology: microbiological factors in crop productivity. Oxford - London- Edindurgh -Boston-Carton. Blackwell Scientific Publ. LTD. 1983, 189 p.

### *Дополнительная*

*Андреюк Е.И., Билай В.И., Коваль Э.З., Козлова И.А.* Микробная коррозия и ее возбудители. Киев. Наукова Думка. 1980. 274 с.

*Бейли Дж., Оллис Д.* Основы биохимической инженерии. В 2-х частях. М. Мир. 1989. Биоповреждения. Учебное пособие для вузов. Под ред. В. Д. Ильичева. М. Высш. шк. 1987. 352 с.

*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. Изд-во ВИНТИ АН СССР. 1989. 184 с.

*Егоров Н.С., Самуилов В.Д.* (ред.). Биотехнология в 8 тт. М. 1987.

*Елинов Н.П.* Основы биотехнологии. Для студентов институтов, аспирантов и практических работников. СПб. Издательская фирма «Наука». 1995. 600 с.

*Емцев В.Т., Мишустин Е.Н.* Микробиология. М. Колос. 1993. 383 с.

*Звягинцев Д.Г.* (ред.). Микроорганизмы и охрана почв. М. МГУ. 1989.

*Звягинцев Д.Г., Бабьева И.П., Зенова Г.М.* Биология почв: Учебник. М. Изд-во МГУ. 2005. 445 с.

*Каравайко Г.А.* Микробиологические процессы выщелачивания металлов из руд. М. 1988.

*Карасевич Ю.Н.* Основы селекции микроорганизмов, утилизирующих синтетические органические соединения. М. Наука. 1982. 144с.

*Карюхина Т.А., Чурбанова И.Н.* Химия воды и микробиология. М. Стройиздат. 1983. 168 с.

*Садчиков А.П., Котелевцев С.В.* (ред.). Биоиндикация и реабилитация экосистем при нефтяных загрязнениях. Учебное пособие. М. Изд-во Графикон. 2006. 336 с.

*Телитченко М.М., Остроумов С.А.* Введение в проблемы биохимической экологии. М. Наука. 1990.

*Штерншиц М.В.* (ред.). Биологическая защита растений. М. КолосС. 2004. 264 с.

*Яковлев С.В., Карюхина Т.А.* Биохимические процессы в очистке сточных вод активным илом. М. Наука. 1979. 119 с.

*Яковлев С.В., Скирдов И.В., Швецов В.Н.* и др. Биологическая очистка производственных сточных вод: Процессы, аппараты и сооружения. М. Стройиздат. 1985. 208 с.

**Составитель:** проф., д.б.н. А.В. Кураков