

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования «Российский химико-технологический
университет имени Д.И. Менделеева»

**Программа вступительных испытаний в магистратуру
по направлению 19.04.01 Биотехнология**

*Магистерская программа
«Промышленная биотехнология и биоинженерия»*

Москва, 2026

Разработчики программы:

- заведующий кафедрой биотехнологии, д.т.н., проф. *В.И. Панфилов*,
- профессор кафедры биотехнологии, д.х.н., проф. *А.А. Красноштанова*

Программа вступительных испытаний предназначена для лиц, желающих поступить в магистратуру ФГБОУ ВО «РХТУ им. Д.И. Менделеева» по направлению подготовки 19.04.01 Биотехнология. Программа разработана в соответствии с Порядком организации и осуществления образовательной деятельности по образовательным программам высшего образования – программам бакалавриата, программам специалитета, программам магистратуры, утвержденным приказом Минобрнауки России от 6 апреля 2021 г. № 245.

Программа рекомендуется для подготовки к вступительным испытаниям специалистов и бакалавров классических университетов, технологических и технических вузов, ведущих образовательную деятельность в образовательных программах подготовки которых, содержатся дисциплины, аналогичные по наименованию и основному содержанию перечисленных ниже учебных дисциплин, преподаваемых в РХТУ им. Д.И. Менделеева. Содержание программы базируется на следующих учебных дисциплинах: «Органическая химия», «Процессы и аппараты химической технологии», «Общая химическая технология», «Моделирование химико-технологических процессов», «Биофизическая химия», «Общая биология», «Общая микробиология», «Химия биологически активных веществ», «Биохимия», «Молекулярная биология», «Общая биотехнология», «Теоретические основы биотехнологии», «Основы биокинетики», «Методы энзимологии»

История развития биотехнологии, ее цели, задачи, междисциплинарный характер. Биотехнология как направление научно-технического прогресса, опирающегося на междисциплинарные знания в области биологии (генетика, биохимия, биофизика, микробиология, вирусология, физиология клеток растений и животных), химии (органическая химия, биоорганическая химия, биофизическая химия, химическая технология, компьютерная и комбинаторная химия), технологии (процессы и аппараты, системы контроля и управления, автоматизированные комплексы, моделирование и оптимизация процессов). Понятие биотехнологии как технологического приема получения модифицированных биообъектов с целью придания им новых свойств и/или способности производить новые вещества. Основные области применения современной биотехнологии и основные ее аспекты (биологические, химические, технологические). Научные основы инженерного оформления биотехнологии.

Общая биология, микробиология и физиология клеток. Определение жизни и свойства живого. Уровни организации живой материи. Клетка как основа наследственности и воспроизведения. Строение ядра и его роль в наследственности. Химический состав клетки (нуклеиновые кислоты, белки, полисахариды, липиды, нуклеопротеиды, гликопротеиды, липопротеиды, пептидогликаны, полифосфаты, минеральные компоненты и вода). Строение и функции клетки (различия клеток прокариот и эукариот). Строение клеточной стенки бактерий. Положение микроорганизмов среди других организмов. Сапрофиты, паразиты, патогенные формы. Принципы классификации бактерий: зубактерии, цианобактерии, архебактерии. Общая биология протистов: водоросли, простейшие. Грибы. Вирусы. Вирусные инфекции. Метаболизм микроорганизмов. Взаимосвязь биосинтетических и энергетических процессов. Особенности электронтранспортных систем микроорганизмов. Анаэробные процессы окисления. Анаэробное дыхание. Брожение. Аэробное дыхание. Разнообразие субстратов, окисляемых микроорганизмами (природные биополимеры, углеводороды, ксенобиотики и др.). Полное аэробное окисление субстрата, неполное окисление и трансформация органических субстратов. Окисление неорганических субстратов. Особенности бактериального фотосинтеза. Биосинтетические процессы. Ассимиляционная нитратредукция, сульфатредукция, азотфиксация. Основные мономеры конструктивного метаболизма. Пути образования и дальнейшего их использования. Значение цикла трикарбоновых кислот и глиоксилатного шунта в конструктивном метаболизме. Синтез липидов, полисахаридов и других компонентов клетки. Практическое значение этих процессов. Образование микроорганизмами биологически активных веществ: ферментов, антибиотиков, витаминов, токсинов. Первичные и вторичные метаболиты. Их роль в природе. Практическое использование. Транспорт субстратов и продуктов. Механизмы клеточной проницаемости: физическая диффузия, облегченная диффузия, первичный и вторичный активный транспорт. Физиология питания. Элементы питания, их значение для процесса биосинтеза. Разнообразие типов питания микроорганизмов (автотрофия, гетеротрофия, фотолитотрофия, фотоорганотрофия, хемолитотрофия, хемоорганотрофия). Разнообразие источников углерода, азота, фосфора, серы и других элементов, используемых микроорганизмами.

Типовые технологические приемы и особенности культивирования микроорганизмов, клеток и тканей растений, животных и человека. Непрерывные процессы культивирования. Теория хемостата. Автоселекция в хемостате. Полу-непрерывные и периодические процессы культивирования. Способы культивирования микроорганизмов (периодическое, непрерывное, иммобилизация клеток и ферментов). Смешанные культуры, консорциумы. Принципы их культивирования.

Кинетическое описание периодического культивирования. Удельные скорости роста биомассы, биосинтеза продукта и потребления субстратов. Физиология энергетического обмена: использование клетками энергии. Экономический коэффициент и его связь с условиями роста. Взаимодействие клеток и среды, влияние внешних физических и физико-химических факторов на рост и биосинтез у микроорганизмов. Норма и стресс, проблема сохранения способности к сверхсинтезам. Селекция, генетические основы селекции. Понятие о генотипе и фенотипе. Наследственность, изменчивость, отбор микроорганизмов. Рекомбинация. Понятие о генетике популяций и популяционной изменчивости. Методы селекции. Селекция микроорганизмов. Биосфера и распространение микроорганизмов. Участие микроорганизмов в круговоротах углерода, азота, кислорода, серы. Формы взаимоотношений микроорганизмов.

Молекулярная биология и элементы молекулярной генетики. Законы Менделя и их интерпретация с точки зрения хромосомной теории наследственности. Наследственность и изменчивость. Формы изменчивости. Молекулярные основы организации хромосомы. Функции ДНК, гистонов, РНК в клеточном метаболизме. Сцепление и кроссинговер. Рекомбинация у бактериофагов. Прикладное значение генной инженерии для биотехнологии. Природа генетического материала. Особенности строения генетического материала про- и эукариот. Транскрипция ДНК, ее компоненты. РНК-полимераза и промотор. Трансляция, ее этапы, функция рибосом. Генетический код и его свойства. Репликация ДНК и ее генетический контроль. Рекомбинация, ее типы и модели. Механизмы репарации ДНК. Взаимосвязь процессов репликации, рекомбинации и репарации.

Химия биологически активных веществ и биохимия. Основные объекты исследования биоорганической химии. Методы исследования: химические, физические, физико-химические, биохимические. Белки. Аминокислоты, как мономерные структурные единицы белков и пептидов. Стереохимия. Проекция Фишера. Уровни структуры белков. Первичная структура: методы определения последовательности аминокислот, секвенаторы. Вторичная структура белков: альфа- и бета- структуры. Третичная и четвертичная (субъединичная) структуры белков. Роль водородных, ионных, дисульфидных связей, гидрофобных взаимодействий. Денатурация (обратимая, необратимая) белков. Понятие о регуляторных белках.

Нуклеиновые кислоты. ДНК и РНК. Структурные компоненты. Типы связей. Пространственная структура полимерных цепей. Двойная спираль ДНК. Комплементарность оснований. Методы определения нуклеотидной последовательности в нуклеиновых кислотах. Рестрикция, рестриктазы. Химико-ферментативный синтез олиго- и полинуклеотидов. Биосинтез нуклеиновых кислот. Ферменты биосинтеза. Понятие о транскрипции, обратная транскриптаза.

Углеводы. Моносахариды. Строение и стереохимия. Ациклические и циклические структуры моносахаридов. Моносахариды как структурные мономерные единицы олиго- и полисахаридов. Функции олиго- и полисахаридов. Целлюлоза, крахмал, гликоген. Углеводсодержащие смешанные биополимеры. Гликопротеины, пептидогликаны, теихоевые кислоты.

Липиды. Классификация липидов. Нейтральные липиды, фосфолипиды, сфинголипиды. Структурные компоненты липидов. Жирные кислоты. Высшие спирты, альдегиды. Липопротеиды. Понятие о строении биологических мембран. Липосомы. Низкомолекулярные биорегуляторы - коферменты и витамины: НАД, НАДФ, ФМН, ФАД, тиаминпирофосфат, липоевая кислота, АТФ, биотин, аскорбиновая кислота, фолиевая кислота, пантотенат кальция, кобаламины. Каскад арахидоновой кислоты. Простагландины. Биогенные амины: ацетилхолин, серотонин и др. Антибиотики, как природные антиметаболиты. Пенициллины, цефалоспорины, тетрациклины, аминогликозиды, противоопухолевые антибиотики. Полусинтетические антибиотики.

Ферменты и их биохимическая роль. Классификация и номенклатура. Активные центры ферментов. Субстратная специфичность. Факторы, обеспечивающие ферментативный катализ. Роль металлов в функционировании ферментов. Ингибиторы: обратимые (конкурентные, неконкурентные), необратимые. Обратимая и необратимая денатурация ферментов. Способы иммобилизации ферментов на различных носителях. Внутри- и внеклеточные ферменты. Метаболический фонд микробных клеток. Общие представления об анаболизме и катаболизме. Основные пути ассимиляции субстратов: белков, жиров, углеводов, аминокислот, углеводородов, спиртов, органических кислот, минеральных компонентов. Гликолиз и брожение. Цикл Кребса, регуляция активности ферментных систем в цикле. Гексозомонофосфатный путь превращения углеводов. Энергетическая эффективность цикла Кребса и гликолиза. Цепь переноса электронов, окислительное фосфорилирование в дыхательной цепи. Биосинтез через ацетил-КоА. Функции НАДН⁺ и НАД(Ф)Н⁺ в реакциях синтеза. Биосинтез белков.

Пути и механизмы преобразования энергии в живых системах. Образование АТФ и других макроэргических соединений в клетках. Роль АТФ и трансмембранной разности электрохимических потенциалов (ТЭП) в трансформации и запасании энергии в клетке. Мембранная биоэнергетика: ионные насосы, первичные и вторичные генераторы ТЭП. Понятие об энергетическом заряде и энергетической эффективности роста. Основные типы сопряжения катаболических и анаболических процессов. Аэробное дыхание. Дыхательная цепь. Основные виды акцепторов электронов. Типы брожения. Системы субстратного фосфорилирования. Биосинтетические процессы в клетке. Биосинтез биополимеров: белков, нуклеиновых кислот и полисахаридов. Основные этапы

процессов, их организация в клетках эу- и прокариот. Биосинтез липидов, биогенез биомембран. Биосинтез сахаров, L-аминокислот, нуклеотидов, витаминов (коферментов). Вторичные метаболиты. Азотфиксация. Фотосинтез. Основные типы процессов, доноры электронов. Бесхлорофильный фотосинтез. Фоторецептор.

Регуляция метаболизма. Определение, уровни регуляции. Регуляция репликации ДНК и биосинтеза белков. Регуляция транскрипции. Регуляция трансляции. Посттрансляционная модификация. Регуляция активности ферментов путем обратимой ковалентной модификации. Регуляция активности путем нековалентного взаимодействия с эффекторами. Регуляция клеточного деления. Взаимодействие регуляторных механизмов при управлении скоростью роста клеток.

Биофизическая химия и основы биокинетики. Термодинамические расчеты биохимических реакций. Теплота и свободные энергии, влияние температуры, рН и природы растворителей. Основные понятия термодинамики необратимых процессов: степень полноты реакции, некомпенсированная теплота и сродство. Сопряженные реакции. Обмен энергией и энтропией между клеткой и средой. Основы кинетики ферментативных процессов. Стационарная кинетика ферментативных реакций, уравнение Михаэлиса-Ментен. Влияние ингибиторов и активаторов на скорость ферментативных реакций. Температурная и рН-зависимость активности ферментов, инактивация ферментов. Основы кинетики микробиологических процессов.

Кинетическое описание процесса роста микроорганизмов. Экспоненциальная модель роста. Уравнение Моно-Иерусалимского. Математическое описание периодической, турбидостатной и хемостатной культуры. Кинетическое описание смешанных культур. Кинетика гибели микроорганизмов. Кинетическое описание биосинтеза продуктов микроорганизмами.

Элементы иммунобиологии. Понятие о вирулентности, как степени патогенности микробов. Типы взаимоотношений между микроорганизмами и другими организмами. Получение вакцин и иммунобиологических препаратов. Современная классификация вакцинных препаратов. Технологии получения вакцин на основе живых и мертвых клеток микроорганизмов. Вирусные вакцины. Анатоксины. Технология получения анатоксинов. Сывороточные препараты. Препараты на основе живых культур микроорганизмов. Требования к штаммам, используемым для приготовления препаратов на основе живых культур микроорганизмов. Технология получения препаратов нормофлоров (пробиотиков, пребиотиков и синбиотиков).

Общая биотехнология.

Основные биообъекты биотехнологии: микроорганизмы, клетки и ткани

растений, животных и человека, биокатализаторы. Типовые технологические приемы и особенности культивирования микроорганизмов, клеток и тканей растений, животных и человека, получение внеклеточных и внутриклеточных продуктов биосинтеза и биотрансформации в лаборатории и производстве. Особенности иммобилизации биообъектов и их применение в биотехнологии. Типовые технологические приемы и аппаратурное оформление стадий культивирования (биосинтеза), поддержания асептических условий, температуры, рН среды и др. параметров процесса на требуемом уровне, тепло- и массообмена; стадий выделения и очистки продуктов биосинтеза. Вспомогательные стадии технологического процесса и их роль в биотехнологическом производстве. Современные подходы к созданию ресурсо- и энергосберегающих технологий и малоотходных производств.

Основные типы питательных сред, используемых в биотехнологии, требования к составу и качеству, принципы подбора. Природные сырьевые субстраты растительного происхождения. Технология получения кислотных и ферментативных гидролизатов растительного сырья. Отходы производства (свекловичная меласса, сульфитный щелок, молочная сыворотка и др.) как потенциальные субстраты для культивирования биологических объектов.

Производство белка одноклеточных организмов. Проблемы и перспективы. Промышленные штаммы-продуценты. Требования, предъявляемые к качеству готового продукта. Биомасса промышленных микроорганизмов как сырье для получения широкой гаммы продуктов различного назначения. Типовая схема получения ферментных препаратов различного назначения. Типовая схема получения первичных метаболитов: аминокислот, органических кислот, витаминов. Принципы регуляции, обеспечивающие сверхсинтез первичных метаболитов на примере промышленных продуцентов аминокислот. Типовая схема получения вторичных метаболитов на примере антибиотиков медицинского назначения.

Характеристика проблем охраны и восстановления окружающей среды с точки зрения использования биологических методов. Аэробные процессы очистки воздуха и воды. Анаэробные процессы переработки органических отходов, характеристика и применение биогаза.

Типовая схема получения препаратов кормового назначения: концентратов витаминов, антибиотиков кормового назначения. Производство микробных препаратов для растениеводства: для защиты растений от вредных насекомых; антибиотиков против корневой гнили и мучнистой росы; бактериальных удобрений; стимуляторов роста растений гормональной природы. Достижения биотехнологии в области создания свободного от вредной микрофлоры посадочного материала (рассады) и трансгенных растений. Проблемы и перспективы.

Пищевая биотехнология

Пищевые кислоты (лимонная, молочная, уксусная). Аминокислоты. Липиды. Витамины. Ферментные препараты. Биомасса микроорганизмов как источник белка. Микроорганизмы, используемые в пищевой промышленности. Хлебопекарные дрожжи и их экспертиза. Пищевые добавки, получаемые биотехнологическим путем (подкислители, усилители вкуса, ароматизаторы, красители, загустители и др.).

Молочные продукты и их классификация в зависимости от используемых заквасок. Процессы, протекающие при ферментации молока. Микроорганизмы, входящие в состав заквасок. Функциональная роль бактерий. Бифидопродукты. Биотехнологические процессы в производстве мясных и рыбных продуктов. Пищевая биотехнология продуктов из сырья растительного происхождения. Бродильные производства. Пивоварение. Особенности производства различных спиртосодержащих продуктов. Хлебопечение. Производство фруктовых соков. Микромицеты в производстве продуктов растительного происхождения.

Белок как сырье для производства новых форм пищи. Основные критерии качества пищевого белка. Функциональные свойства белка (растворимость и гелеобразующие свойства). Получение пищевого белка. Антипитательные компоненты белкового сырья. Выбор рациональной технологии выделения белка. Белки бобов сои, белковые изоляты из шрота семян подсолнечника. Грибы как источник белка. Основные процессы переработки белка в новые формы пищи. Ресурсосберегающие технологии комплексной переработки листостебельной биомассы сеяных трав и других видов растительного сырья. Принципы конструирования пищевых продуктов с заданными качественными характеристиками. Комбинированные пищевые продукты. Международные стандарты и современные направления развития управления качеством. Вопросы биологической безопасности, контроля качества, стандартизации и сертификации продовольственного сырья.

Основы проектирования и оборудование биотехнологических производств.

Стехиометрия микробиологического синтеза. Методы расчета стехиометрических коэффициентов. Порядок составления материального баланса биосинтеза. Теплота жизнедеятельности.

Влияние условий культивирования на тепловыделение, величину экономического коэффициента и степень утилизации субстрата. Потребление кислорода микроорганизмами. Массопередача кислорода от воздуха к биомассе. Концентрационные ямы по кислороду. Массопередача углекислого газа. Массообменные характеристики ферментера. Расчет объемного коэффициента массопередачи.

Способы стерилизации жидкостей. Термическая стерилизация. Кинетика гибели микроорганизмов. Влияние температуры. Критерии стерилизации. Периодическая и непрерывная стерилизация. Разработка технологических схем стерилизации жидкостей. Стерилизация воздуха. Особенности стерилизующей фильтрации воздуха. Технологические схемы сжатия и очистки воздуха. Стерилизация оборудования, деконтаминация воздуха в производственных помещениях.

Методы аэрирования в ферментерах. Оценка уровня аэрирования. Перемешивание при ферментации. Виды перемешивания: механическое, пневматическое и комбинированное.

Пенообразование и пеногашение. Пенообразующая способность. Сравнение методов пеногашения: химические, механические, комбинированные и технологические.

Ферментационное оборудование, его классификация, выбор конструкционных материалов. Сравнение ферментеров. Критерии выбора ферментера для конкретного производства. Методы определения величины коэффициента массопередачи. Моделирование ферментеров.

Синтез технологических схем; особенности моделирования, масштабирования и оптимизации биотехнологических схем и процессов.

Расчет и аппаратное оформление процессов разделения многокомпонентных систем: растворения, кристаллизации, адсорбции, абсорбции, ионного обмена, экстракции, флотации, флокуляции, осаждения, фильтрации, мембранного разделения, сепарации и центрифугирования, вакуум-выпарки, сушки; аппаратное оформление стадий приема, хранения, дозировки и транспортировки сырья.

Структуры математических моделей производства; экономические критерии оптимизации производства. Основные базы данных и программные оболочки для организации производственного процесса.

Контроль и автоматизация ферментационных процессов и процессов разделения. Измеряемые и автоматически регулируемые параметры. Типы и основные особенности измерительных устройств, средств контроля по месту. Современные программные средства передачи данных, дистанционного доступа и контроля.

Вопросы для подготовки к вступительным испытаниям

1. Микроорганизмы как объекты биотехнологии. Принципы и особенности современной таксономической классификации микроорганизмов.
2. Основные группы микроорганизмов согласно современной таксономической классификации.
3. Царство прокариот. Общий план строения бактериальной клетки. Характеристика, особенности строения и функции субклеточных структур

- (органелл). Особенности строения клеточной стенки грамположительных и грамотрицательных бактерий.
4. Объекты микробиологии – эукариоты. Особенности строения, основные органеллы клетки.
 5. Распространение в природе и особенности биологической организации грибов. Дрожжи. Строение клеток, характеристика отдельных представителей отделов, их роль в природе и практике.
 6. Основные различия биологических свойств водорослей, простейших и грибов.
 7. Вирусы и другие инфекционные агенты. Строение, классификация, механизм заражения клетки-хозяина, репродукция внутри клетки, исход инфекции и возможность практического использования вирусов.
 8. Формы и этапы индивидуального развития клеток и организмов.
 9. Эволюция микроорганизмов. Механизмы, лежащие в основе эволюционного отбора, селекции и автоселекции. Адаптивная эволюция *in vitro*.
 10. Эволюционный процесс и его критерии. Филетическая эволюция, дивергенция, конвергенция, параллелизм.
 11. Биогеохимические циклы. Роль микроорганизмов. Примеры функционирования и использования биогеохимических циклов в промышленных системах.
 12. Структура природных биологических экосистем. Перенос вещества и энергии по трофическим уровням. Примеры организации биотехногенных экосистем в промышленном масштабе.
 13. Структура экосистем. Обменный, резервный фонд элементов. Круговорот углерода в природе и роль микроорганизмов.
 14. Структура экосистем. Обменный, резервный фонд элементов. Круговорот азота в природе и роль микроорганизмов.
 15. Круговорот серы и фосфора в экосистеме. Роль микроорганизмов в биогеохимических циклах превращения азота и серы.
 16. Функционирование экосистем: эволюция и изменчивость экосистем, стабильность и устойчивость экосистем, самоочищающая способность экосистем.
 17. Сообщества микроорганизмов, виды сообществ и факторы, регулирующие жизнедеятельность микроорганизмов в сообществах.
 18. Микрофлора природных сред. Типы взаимоотношений микроорганизмов и других представителей биоты.
 19. Межклеточные коммуникации у про- и эукариот. Общие способы формирования и передачи сигналов и клеточных ответов.

20. Аминокислоты: химическое строение, оптическая изомерия и физико-химические свойства аминокислот. Протеиногенные аминокислоты, их классификация.
21. Природные пептиды: строение, свойства, биологические функции. Особенности строения пептидной связи.
22. Классификация белков. Многообразие биологических функций белков. Первичная, вторичная, третичная, четвертичная структура белков. Связи, поддерживающие структуры. Денатурация белков и связь пространственного строения и функции белковых молекул, примеры.
23. Ферменты: строение и классификация. Примеры ферментов и реакций, катализируемых ими. Наиболее существенные особенности регуляции активности ферментов.
24. Неканонические природные пептиды: строение, свойства, биологические функции, примеры. Сравнение синтеза неканонических природных пептидов с синтезом белков.
25. Современные методы изучения белков и пептидов. Определение молекулярной массы, секвенирование белков, лабораторные методы очистки белков.
26. Химическая структура и пространственная организация молекул нуклеиновых кислот. Основные факторы, влияющие на структуру нуклеиновых кислот, денатурация и кривая плавления ДНК. Практическое использование явления денатурации в методах молекулярной биологии.
27. Моно- и олигосахариды: классификация, строение, виды изомерии и биологические функции.
28. Биополимеры углеводной природы. Классификация. Распространение в природе. Основные свойства и функции.
29. Гликопептиды, пептидогликаны, гликопротеины и протеогликаны. Основные особенности их строения и свойств, биологической роли у разных организмов.
30. Липиды: классификация, строение, свойства, биохимические функции. Полиненасыщенные жирные кислоты, их производные и функциональные особенности.
31. Строение и функции биологических мембран.
32. Липиды биологических мембран. Взаимосвязь строения липидов с их свойствами и выполняемыми функциями в составе биологических мембран.
33. Витамины, их биохимическая роль, классификация. Витамины как предшественники кофакторов ферментов. Примеры кофакторов, коферментов, простетических групп, ферментов и ферментативных реакций с их участием.
34. Способы питания у прокариотических микроорганизмов. Питательные вещества и механизмы их проникновения в бактериальную клетку.

35. Основные механизмы обмена веществ и преобразования энергии у микроорганизмов. Типы биологического окисления у микроорганизмов (брожение, аэробное и анаэробное дыхание) и метаболизма.
36. Формы существования энергии в клетках живых организмов. Понятие макроэргического вещества, основные макроэрги.
37. Гликолиз: ферменты и реакции, суммарное уравнение и энергетический баланс процесса, локализация, функции, регуляция. Глюконеогенез.
38. Аэробный метаболизм микроорганизмов: окисление органических соединений и энергетический обмен.
39. Окислительное декарбоксилирование пирувата. Основные особенности строения мультиферментного пируватдегидрогеназного комплекса. Суммарное уравнение и энергетический баланс процесса.
40. Цикл лимонной кислоты: локализация процесса у прокариот и эукариот, ферменты и реакции, суммарное уравнение окисления ацетил-КоА в цикле лимонной кислоты и энергетический баланс процесса.
41. Окисление НАДН и ФАДН₂ в дыхательной цепи переноса электронов. Основные особенности строения и состава электрон-транспортной цепи в митохондриях. Синтез АТФ. Энергетический баланс процесса аэробного окисления глюкозы.
42. Взаимосвязь гликолиза и пентозофосфатного цикла.
43. Катаболизм липидов. Катаболизм жирных кислот: механизм β-окисления насыщенных жирных кислот, локализация процесса, ферменты и реакции, энергетический баланс процесса.
44. Архебактерии. Особенности строения и физиологических свойств. Метаногенез у архебактерий.
45. Трансформация энергии света в энергию восстановительного потенциала. Фотосинтез (кислородный, бескислородный, бесхлорофильный). Фототрофные микроорганизмы.
46. Особенности культивирования автотрофных микроорганизмов. Пути фиксации СО₂ в клетке.
47. Неполное окисление органических соединений микроорганизмами. Биотрансформация.
48. Понятие гена в молекулярно биологических терминах. Основная догма молекулярной биологии и ее дополнения.
49. Ген и его свойства. Закономерности наследования. Законы Менделя. Правило чистоты гамет. Взаимодействие аллельных и неаллельных генов.
50. Исследование структуры и функции гена. Построение генетических карт. Методы секвенирования.

51. Наследственность и изменчивость микроорганизмов. Понятие о генотипе и фенотипе. Типы изменчивости. Мутации. Генетические рекомбинации. Фенотипическая изменчивость.
52. Модификационная и генетическая изменчивость микроорганизмов. Типы мутаций.
53. Этапы жизненного цикла клетки, их характеристика и регуляция. Последовательность событий, происходящих при митотическом и мейотическом делении. Значение митоза и мейоза.
54. Реакции матричного синтеза (репликация, транскрипция, трансляция).
55. Репликация ДНК. Основные стадии и механизм процесса репликации у прокариот, репликативная вилка, участвующие ферменты. Особенности процесса репликации у эукариот.
56. Транскрипция. Основные стадии и механизм процесса, участвующие ферменты, особенности транскрипции у про- и эукариот.
57. Регуляция транскрипции у прокариот. Теория оперона. Структура *lac*-оперона *E. coli*, регуляция экспрессии гена β -галактозидазы.
58. Трансляция. Основные реакции трансляции, стадии и механизм процесса, участвующие ферменты и органеллы. Генетический код.
59. Генетический аппарат бактерий (нуклеоид, плазмиды, транспозоны): характеристика, функции, значение. Механизмы передачи генетического материала у бактерий.
60. Структура функционального оперона. Структурные и регуляторные гены. Основные особенности регуляции активности и экспрессии генов.
61. Основные принципы, объекты и инструменты генетического редактирования микроорганизмов.
62. Современные методы создания рекомбинантных микроорганизмов. Принципы внедрения чужеродных генов и поддержания стабильности внедренных конструкций.
63. Современные методы создания, особенности культивирования, регуляции экспрессии генов в рекомбинантных микроорганизмах.
64. Основные требования, предъявляемые к генноинженерным штаммам прокариот при их использовании в биотехнологии.
65. Векторы для молекулярного клонирования, методы селекции трансформантов. Принципы конструирования рекомбинантных ДНК и их введения в клетки прокариот и эукариот.
66. Взаимодействие вирусов с клеткой-мишенью. Возможные исходы вирусных инфекций. РНК и ДНК-содержащие вирусы. Интеграция ДНК и РНК вирусов в геном клетки.

67. Вирулентные и умеренные бактериофаги. Лизогения. Принцип получения культуры фагов. Практическое использование фагов.
68. Понятие о моноклональных антителах и области их применения.
69. «Омик»- биотехнологии (геномика, метаболомика, протеомика, транскриптомика и др.). Основные принципы и подходы к их использованию. Примеры.
70. Практическое применение методов молекулярно-генетических исследований: полимеразной цепной реакции и секвенирования.
71. Принципы иммунохимического анализа. Реакция преципитации и возможные ограничения.
72. Равновесное и стационарное состояния системы. Принцип стационарности. Термодинамическое обоснование существования сопряженных (тандемных) процессов.
73. Первое начало термодинамики, применимость к биологическим системам. Опыты по прямой и непрямой калориметрии. Энергия/теплота диссипации.
74. Второе начало термодинамики, применимость к биологическим системам. Понятие о негэнтропии (критика теорий Больцмана, Шредингера).
75. Пассивный, облегченный и активный транспорт веществ в живую клетку. Различия в механизмах транспорта. Примеры транспорта.
76. Трансмембранные потенциалы. Трансформация энергии трансмембранного потенциала в электрическую энергию. K^+ , Na^+ – насос. Передача нервного импульса.
77. Трансмембранные потенциалы. Трансформация энергии трансмембранного потенциала в механическую энергию. Ca^{2+} – насос. Механизм смещения волокон актина вдоль волокон миозина.
78. Теория Михаэлис-Ментен, основные положения, вывод и графический анализ дифференциальной формы уравнения.
79. Теория Михаэлис-Ментен, основные положения, вывод и графический анализ интегральной формы уравнения.
80. Понятие об ингибировании, активации, инактивации ферментов. Одно-, многокомпонентное ингибирование ферментов.
81. Кинетические схемы ингибирования ферментов. Ингибирование ферментов субстратом, продуктом. Вывод и анализ уравнений.
82. Типы моделей в биотехнологии. Требования к биотехнологическим моделям. Построение математических моделей роста. Сочетание математического, физического, биологического моделирования.
83. Моделирование роста численности популяции. Модели Мальтуса, Ферхюльста, Моно, Вольтерры.

84. Модели роста численности популяции. Одно-, двух-, трехстадийные схемы роста численности популяции.
85. Кинетические модели роста и биосинтеза. Сравнение кинетических моделей Моно и Моно-Иерусалимского. Условия предпочтительного использования моделей и роль ингибирования продуктом в выборе способов культивирования.
86. Энергия поддержания. Учет энергии поддержания при расчете выхода биомассы и продукта в длительных процессах, в том числе при непрерывных условиях культивирования.
87. Кинетика образования продукта. Три основных типа описания кинетики образования целевого продукта (связанный с ростом, несвязанный с ростом, смешанный тип).
88. Смешанные культуры. Селективность биопроцесса. Влияние кинетических параметров (μ_{\max} , K_s , $Y_{x/s}$, $S_{\text{уст.}}$) двух конкурирующих микроорганизмов в смешанной культуре.
89. Роль лимитирующего субстрата в моделях непрерывного культивирования микроорганизмов. Обоснование подхода к выбору режима культивирования на основе характеристик субстрата.
90. Ферменты. Источники для получения ферментов. Локализация в клетке, методы выделения и очистки ферментов в промышленных условиях. Методы определения активности ферментов.
91. Методы определения активности ферментов. Стабилизация ферментов. Ингибиторы и активаторы ферментов. Критерии чистоты ферментов. Хранение ферментных препаратов в промышленных условиях.
92. Иммобилизация ферментов и клеток. Методы иммобилизации. Носители для иммобилизации. Факторы, влияющие на сохранение ферментативной активности иммобилизованных препаратов.
93. Особенности иммобилизации клеток по сравнению с ферментами. Реакторы с иммобилизованными препаратами. Получение и использование иммобилизованных ферментов и клеток в промышленности.
94. Промышленное использование иммобилизованных ферментов. Основные особенности, преимущества и недостатки по сравнению с неиммобилизованными системами.
95. Промышленное использование иммобилизованных клеток микроорганизмов. Основные особенности, преимущества и недостатки по сравнению с неиммобилизованными системами.
96. Понятия лимитирования и ингибирования роста при культивировании микроорганизмов.

97. Роль физических, химических и биологических факторов окружающей среды в процессе культивирования микроорганизмов. Конструктивные и технологические решения для обеспечения необходимых условий культивирования.
98. Уровни регуляции микробного метаболизма в процессе культивирования. Особенности регуляции на уровне транскрипции (индукция, репрессия, катаболитная репрессия) и на уровне функционирования ферментов.
99. Стехиометрия при культивировании микробных клеток: определение стехиометрических соотношений в реальных процессах ферментации, влияние условий культивирования на экономические коэффициенты, энергию поддержания.
100. Основные составляющие материального и теплового баланса стадии ферментации. Пути уменьшения затрат на питательные среды и проведение ферментации.
101. Расчет материального баланса стадии ферментации. Исходные данные для расчета, основные показатели ферментационного процесса, связанные с материальным балансом. Пути оптимизации питательных сред и проведения ферментации.
102. Способы культивирования микроорганизмов, аппаратное оформление процессов.
103. Способы культивирования растительных и животных клеток, аппаратное оформление процессов.
104. Методы культивирования микроорганизмов. Периодическое культивирование. Кривая роста, фазы развития, диауксия. Показатели роста микроорганизмов.
105. Способы непрерывного (проточного) культивирования микроорганизмов. Хемостат, турбидостат, рН-стат.
106. Периодическое культивирование с подпиткой, отъемно-доливное культивирование, высокоплотностное культивирование.
107. Непрерывное культивирование. Удельная скорость роста (μ) и скорость разбавления (проток – D), критическая скорость разбавления ($D_{кр}$).
108. Направленный биосинтез. Фундаментальные физиолого-биохимические принципы, лежащие в основе направленного биосинтеза вторичных метаболитов. Влияние режимов культивирования на выходные параметры процессов.
109. Направленный синтез аминокислот у микроорганизмов.
110. Направленный синтез первичных метаболитов (спиртов, кислот и др.).

111. Направленный синтез вторичных метаболитов у микроорганизмов (на примере антибиотиков).
112. Подходы к разработке технологических схем биотехнологических производств. Основные стадии.
113. Основные технологические стадии биотехнологических производств и факторы, влияющие на выбор технологических схем.
114. Принципиальная схема биотехнологического производства. Глубинное и поверхностное культивирование. Технологические варианты и организация ферментационного процесса.
115. Основные показатели ферментации и пути их улучшения. Примеры.
116. Основные контролируемые параметры ферментации и факторы управления ферментационным процессом.
117. Основные контролируемые параметры ферментации и способы управления ферментационным процессом.
118. Принципы моделирования и масштабирования биореакторов различного назначения.
119. Скорость потребления кислорода в биотехнологических процессах, методы измерения, влияние на биосинтез. Факторы, влияющие на величину скорости потребления кислорода.
120. Методы аэрирования ферментационной среды, оценка уровня аэрирования и скорости потребления кислорода при ферментации.
121. Сравнительная характеристика преимуществ и недостатков периодического, непрерывного и проточного, доливного (с подпиткой) культивирования по критериям продуктивности, стабильности процесса, степени использования субстрата, риска контаминации, образованию вторичных отходов.
122. Типы биореакторов и подходы к их технологическому расчету. Основные элементы и характеристики биореакторов. Определение требуемого объема биореактора.
123. Типы биореакторов и подходы к их технологическому расчету. Основные элементы и характеристики биореакторов. Определение требуемых массообменных характеристик биореактора.
124. Принципы теплового расчета биореакторов, конструкции теплообменных устройств.
125. Классификация ферментеров по подводу энергии, методы и критерии сравнения ферментеров различных конструкций и размеров.
126. Перемешивание и аэрирование ферментационной среды как способ интенсификации массообмена. Оценка уровня аэрирования, скорости

потребления кислорода при ферментации. Методы интенсификации массообмена в ферментере. Объемный коэффициент массопередачи, методы измерения, физический смысл. Возможность его использования как параметра эффективности ферментера.

127. Общие принципы обеспечения асептики производства. Основные методы стерилизации оборудования.
128. Способы, проблемы и критерии тепловой стерилизации аппаратуры, газовых и жидкостных потоков, связь между ними. Стерилизация воздуха для биотехнологических производств. Схема подготовки и стерилизации воздуха. Преимущества и недостатки стерилизующей фильтрации.
129. Сырьевая база современной биотехнологии: использование индивидуальных химических соединений (углеводов, низших спиртов, кислот, углеводов) в качестве углеродных субстратов.
130. Сырьевая база современной биотехнологии: использование вторичного сырья пищевой, деревообрабатывающей, целлюлозобумажной промышленности и сельского хозяйства в качестве углеродных субстратов.
131. Основные подходы к микробиологической переработке органических отходов. Примеры промышленной переработки вторичного сырья с использованием микроорганизмов.
132. Переработка вторичного сельскохозяйственного сырья и отходов. Принципы аэробной и анаэробной микробиологической переработки отходов в полезные продукты.
133. Биоконверсия возобновляемого сырья и органических отходов.
134. Методы обнаружения и количественного учёта микроорганизмов в объектах окружающей среды и техногенных средах. Метод накопительных культур.
135. Принципиальная схема биотехнологического производства: подготовительные стадии, подготовка посевного материала, приготовление питательных сред, стерилизация питательных сред и технологического оборудования.
136. Требования, предъявляемые к производственным штаммам. Основные показатели роста и биосинтеза.
137. Разработка оптимального состава питательных сред, технологическая схема стадии их приготовления.
138. Посевной материал и отделение чистой культуры в биотехнологическом производстве.

139. Принципиальная схема биотехнологического производства: стадия культивирования (основной ферментации). Технологическая обвязка биореакторов.
140. Технологические приемы отделения микробной биомассы от культуральной жидкости: фильтрация, сепарация, центрифугирование, флотация. Приемы повышения эффективности данных процессов, контролируемые параметры.
141. Технологические приемы выделения БАВ из культуральной жидкости (экстракция, ионный обмен, осаждение, баромембранные методы).
142. Технологические приемы выделения БАВ из биомассы продуцента (механические, физические, химические способы дезинтеграции клеток).
143. Микробиологический и биохимический контроль производства. Основные составляющие и способы контроля.
144. Микробиологический контроль биотехнологической продукции как основа ее безопасности и качества. Показатели и методы контроля.
145. Основные составляющие затрат в биотехнологическом производстве и пути их снижения.
146. Кормовая биомасса. Особенности технологии выделения на примере одного из видов сырья. Требования к качеству кормовой биомассы.
147. Кормовой белок. Особенности технологии выделения на примере одного из видов сырья. Требования к качеству кормового белка.
148. Пищевой белок. Особенности технологии выделения на примере одного из видов сырья и возможности биотехнологических методов для ее совершенствования. Требования к качеству и составу пищевого белка.
149. Общие принципы построения технологической схемы получения микробной биомассы из углеводов: продуценты, организация процесса культивирования, способы выделения и очистки биомассы.
150. Общие принципы построения технологической схемы получения микробной биомассы из углеводов: продуценты, организация процесса культивирования, способы выделения и очистки биомассы.
151. Общие принципы построения технологической схемы получения микробной биомассы из спиртового сырья: продуценты, организация процесса культивирования, способы выделения и очистки биомассы.
152. Продукты «зеленой химии». Основные группы продуктов. Принципы получения биотехнологическими методами.
153. Общие принципы построения технологической схемы получения биотоплива, технология производства, сравнение с традиционными видами топлива.

154. Основные варианты и биотехнологические принципы переработки возобновляемого сырья в биотопливо различных поколений.
155. Общие принципы построения технологической схемы получения вторичных метаболитов микробиологическим синтезом на примере органических кислот: продуценты, организация процесса культивирования, способы выделения и очистки органических кислот.
156. Общие принципы построения технологической схемы получения вторичных метаболитов микробиологическим синтезом на примере антибиотиков: продуценты, организация процесса культивирования, способы выделения и очистки антибиотиков.
157. Общие принципы построения технологической схемы получения аминокислот микробиологическим синтезом: продуценты, организация процесса культивирования, важнейшие способы выделения и очистки аминокислот. Приемы обеспечения сверхсинтеза аминокислот клетками продуцента.
158. Общие принципы построения технологической схемы получения энтомопатогенных препаратов микробиологическим синтезом: виды энтомопатогенных препаратов, механизм действия, примеры продуцентов, организация процесса культивирования, выделение, получение товарных форм препаратов.
159. Общие принципы построения технологической схемы получения бактериальных удобрений (азотфиксаторов, фосфатмобилизующих): виды препаратов, механизм действия, примеры продуцентов, организация процесса культивирования, выделение, получение товарных форм препаратов.
160. Бактериальные экзополисахариды и их потенциал для биотехнологии. Продуценты. Особенности технологии получения.
161. Общие принципы построения технологической схемы получения вакцин (микробных и вирусных, живых и убитых): продуценты, способы инактивации, товарные препаративные формы.
162. Пробиотики, пребиотики и синбиотики: характеристика, производство и применение.
163. Препараты на основе живых культур микроорганизмов. Механизмы контроля молочнокислыми бактериями нормальной микрофлоры кишечника человека.
164. Антимикробные препараты и основные причины резистентности у микроорганизмов.
165. Методы лизиса клеток, выделения и очистки нуклеиновых кислот из клеток прокариот и эукариот. Основные показатели качества препаратов нуклеиновых кислот.
166. Продукты функционального питания и использование методов биотехнологии в их производстве.

167. Химический состав молока и его глубокая переработка. Методы биотехнологии в производстве молочных и кисломолочных пищевых продуктов.
168. Пищевые добавки, получаемые методами биотехнологии. Назначение и варианты применения (на примере одной из групп).
169. Современные технологии получения, выделения и очистки биополимеров из сырья животного происхождения. Принципиальные подходы и особенности.
170. Резервные полисахариды растений. Характеристика. Технологии выделения. Области применения.
171. Традиционные технологии выделения углеводов из растительного сырья. Биоконверсия растительного сырья (на примере получения сахаров из крахмала).
172. Ферментации растительного сырья для получения пищевых продуктов (на примере одной из традиционных технологий).
173. Переработка вторичного сельскохозяйственного сырья и отходов. Получение кормовой биомассы, силосование, компостирование.
174. Основные подходы к микробиологической переработке органических отходов. Примеры промышленной переработки отходов с использованием микроорганизмов.
175. Очистка жидких, газообразных стоков и выбросов биотехнологического производства. Основные источники и составляющие экологических требований к загрязненным сбросам и стокам.
176. Биологическая очистка сточных вод и основные сооружения биологической очистки.
177. Принципы биологической очистки сточных вод аэробными и анаэробными методами. Основные сооружения аэробной и анаэробной биологической очистки.
178. Практически важные подходы к переработке избыточного активного ила с очистных сооружений.

Литература

1. Н. Б. Градова, Е. С. Бабусенко, В. И. Панфилов, И. В. Шакир. Микробиологический контроль биотехнологических производств. — ДеЛи плюс Москва, 2016. — С. 142.
2. Шлегель Г. Общая микробиология. - М.: Мир, 2012 - 568 с.
3. Белодед А.В. Методы работы с плазмидной и геномной ДНК прокариот. Лабораторный практикум по биохимии и молекулярной биологии: учебное пособие - М.: Издательство РХТУ, 2019. - 200 с.

4. Панфилов В.И., Винаров А.Ю., Гордеев Л.С., Кухаренко А.А. Процессы и аппараты биотехнологии: ферментационные аппараты: учебное пособие для среднего профессионального образования - М.: Юрайт, 2020. - 274 с.
5. Белодед А.В., Хабибулина Н.В., Луценко Н.Г. Энзимология. Лабораторный практикум по биохимии и молекулярной биологии: учебное пособие - М.: Издательство РХТУ, 2019. - 88 с.
5. Красноштанова А.А. (ред.) Организация биотехнологического производства: учебное пособие для вузов. – Москва: Издательство Юрайт, 2021 – 132.
6. Кузнецов А.Е., Градова Н.Б. Научные основы экобиотехнологии. – М. Мир, 2006 г. – 504 с.
10. Кузнецов А.Е., Градова Н.Б., Лушников С.В. и др. Прикладная экобиотехнология (в 2-х томах). – М.: Бинوم. Лаборатория знаний, 2010. – Т.1 - 829 с., Т.2 - 485 с. (книга переиздана в 2012 г. с исправлениями).
7. И.М. Грачева, А.Ю. Кривова. Технология ферментных препаратов.- М.:Элевар, 2000, 512с.
8. Баурин Д.В., Баурина М.М., Ваккар Л.Л., Градова Н.Б., Грошева В.Д., Епишкина Ю.М., Калёнов С.В., Кареткин Б.А., Марквичев Н.С., Панфилов В.И., Побережный Д.Ю., Синеокий С.П., Складнев Д.А., Суясов Н.А., Хромова Н.Ю., Шагаев А.А., Шакир И.В. Лабораторный практикум по общей микробиологии для биотехнологов: Учебное пособие - М.: ДеЛи, 2023. - 195 с.
9. Красноштанова А.А., Белов А.А., Марквичев Н.С., Калёнов С.В., Шагаев А.А., Шакир И.В., Грошева В.Д. Биотехнология. Практический курс: Учебник и практикум для вузов - М.: ООО , 2024. - 172 с.
10. Пищевая биотехнология: В 4 кн. Кн.1. Основы пищевой биотехнологии (Электронный ресурс) /И.А. Рогов, Л.В. Антипова, Г.П. Шуваева –М.: КолосС, 2013.- (Учебники и учебные пособия для студентов высших учебных заведений).- <http://www.studentlibrary.ru/book/ISBN5953201044.html>.
11. Луценко Н.Г., Калёнов С.В., Белодед А.В. Начала биохимии: учебное пособие: Часть 1 – Курс лекций. – М.: РХТУ им. Д.И. Менделеева, 2011. – 156 с.
12. Луценко Н.Г., Калёнов С.В., Белодед А.В. Начала биохимии: учебное пособие: Часть 2 – Информационные материалы к лекциям. – М.: РХТУ им. Д.И. Менделеева, 2011. – 104 с.
13. Эллиот В., Эллиот Д. Биохимия и молекулярная биология. – М., МАИК «Наука-Интерпериодика», 2002. – 445 с.
14. Биофизическая химия / Н. А. Суясов, Е. Д. Мурзина, Г. М. Бондарева, О. В. Яровая. — Москва: Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования Российский химико-технологический университет им. Д.И. Менделеева, 2022. — 160 с.