

МИНОБРНАУКИ РОССИИ  
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение  
высшего образования  
«Тверской государственный технический университет»  
(ТвГТУ)



**ПРОГРАММА  
ВСТУПИТЕЛЬНОГО ИСПЫТАНИЯ**

**по специальной дисциплине**

**для поступающих на обучение по образовательным программам высшего образования  
- программам подготовки научных и научно-педагогических кадров в аспирантуре  
по научной специальности 1.5.6 Биотехнология**

Тверь, 2022

Программа вступительных испытаний для поступающих на обучение по образовательным программам высшего образования - программам подготовки научных и научно-педагогических кадров в аспирантуре по научной специальности 1.5.6 Биотехнология разработана в соответствие с федеральными государственными образовательными стандартами высшего образования по программам специалитета и (или) программам магистратуры.

Составители:

д.т.н., профессор

 В.П. Молчанов

к.б.н., профессор

 Е.А. Прутенская

Программа рассмотрена и одобрена на заседании кафедры биотехнологии, химии и стандартизации от « 7 » 04 2022 г., протокол № 10

Заведующий кафедрой биотехнологии, химии и стандартизации, ответственный за реализацию образовательной программы высшего образования – программы подготовки научных и научно-педагогических кадров в аспирантуре по научной специальности 1.5.6 Биотехнология, д.х.н., профессор


 М.Г. Сульман

**СОГЛАСОВАНО:**

Начальник отдела аспирантуры и докторантуры

 О.И. Туманова

Начальник отдела комплектования зональной научной библиотеки

 О.Ф. Жмыхова

## Требования к лицам, поступающим в аспирантуру

Лица, желающие освоить программу подготовки научных и научно-педагогических кадров в аспирантуре по научной специальности 1.5.6 Биотехнология должны иметь высшее образование (специалитет или магистратура).

Лица, имеющие высшее образование, принимаются в аспирантуру по результатам сдачи вступительных испытаний на конкурсной основе.

### Содержание вступительного испытания

#### 1. 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.

Обмен веществ как совокупность пластического и энергетического обменов. Жизненный цикл клеток и типы клеточного деления (амитоз, митоз, мейоз).

Законы Менделя и их интерпретация с точки зрения хромосомной теории наследственности. Наследственность и изменчивость. Формы изменчивости.

Основные положения эволюционной теории Ч. Дарвина, ее отличия от теории Ламарка. Формы отбора, типы видообразования, основные пути эволюции.

Молекулярные основы организации хромосомы. Функции ДНК, гистонов, РНК в клеточном метаболизме. Сцепление и кроссинговер. Рекомбинация у бактериофагов.

Положение микроорганизмов среди других организмов. Сапрофиты, паразиты, патогенные формы. Принципы классификации бактерий: археи, зубактерии.

Археи. Особенности строения клеточной стенки архей. Профили клеточной стенки. Функции клеточной стенки, S-слоя. Получение БАВ из архей.

Вирусы. Классификация вирусов. Основные этапы репликации вируса в клетках. Методы культивирования вирусов. Индикация вирусов. Получение вакцин на основе генетического материала вирусов.

Грибы. Классификация грибов. Основные типы мицелия, гиф. Особенности строения грибной клетки. Способы размножения грибов. Основные представители микроскопических грибов: *Alternaria*, *Penicillium*, *Trichoderma*, *Aspergillus*- их практическое использование в биотехнологии. Строение дрожжевой клетки.

Общая биология протистов: водоросли, простейшие. Особенности размножения и строения одноклеточных организмов.

Механизм поступления в клетки эукариотов и прокариотов экзогенных веществ. 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.

Теория лимитирования и ингибирования роста клеток элементами питания.

Физиология энергетического обмена: использование клетками энергодающих процессов, их эффективность и зависимость от условий среды. 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.

Метаболизм микроорганизмов. Взаимосвязь биосинтетических и энергетических процессов. Понятие «биологическое окисление». 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.

Селекция, генетические основы селекции. Понятие о генотипе и фенотипе. Наследственность, изменчивость, отбор микроорганизмов. 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.

## **2. Молекулярная биология и генетика клеток**

Понятие гена в “классической” и молекулярной генетике, его эволюция. Вклад методологии генной инженерии в развитие молекулярной генетики. Прикладное значение генной инженерии для биотехнологии.

Молекулярные основы наследственности.

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.

Мутационный процесс. Молекулярный механизм мутагенеза. Идентификация и селекция мутантов. Супрессия: внутригенная, межгенная и фенотипическая.

Внехромосомные генетические элементы. Плазмиды, их строение и классификация.. Половой фактор F, его строение и жизненный цикл. Роль фактора F в мобилизации хромосомного переноса. Механизм конъюгации. Бактериофаги, их структура и жизненный цикл. Вирулентные и умеренные бактериофаги.

Особенности строения плазмид генной инженерии: pBR322, pUC19

Мигрирующие генетические элементы: транспозоны и IS-последовательности, их роль в генетическом обмене.

Исследование структуры и функции гена.

Элементы генетического анализа. Цис-транс-комплементационный тест. Генетическое картирование. Физический анализ структуры гена. Рестрикционный анализ. Методы секвенирования. Выявление функции гена.

Регуляция экспрессии генов. Концепции оперона. Контроль на уровне инициации транскрипции. Промотор, оператор и регуляторные белки. Позитивный и негативный контроль экспрессии генов. Контроль на уровне терминации транскрипции. Катаболитконтролируемые опероны: модель лактозного оперона. Атенуаторконтролируемые опероны: модель триптофанового оперона. Мультивалентная регуляция экспрессии генов. Посттранскрипционный контроль.

Генные мутации. Механизм генных мутаций, генетический контроль. Ферменты рестрикции и модификации. Выделение и клонирование генов. Векторы для молекулярного клонирования. Принципы конструирования рекомбинантных ДНК и их введения в реципиентные клетки.

### 3. Биоорганическая химия и биохимия

Основные объекты исследования биоорганической химии. Методы исследования: химические, физические, физико-химические, биохимические. Компьютерная химия. Синтез и выделение продуктов, установление строения, изучение взаимосвязи между химическим строением и биологической активностью (биологической функцией) соединений.

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. Альдозы, кетозы. Ациклические и циклические структуры моносахаридов. Пиранозы, фуранозы, альфа- и бета-аномеры. Понятие о конформации. Пентозы (рибоза, арабиноза, ксилоза), гексозы (глюкоза, манноза, галактоза). Дезоксисахара (фукоза, 2-дезоксирибоза), аминодезоксисахара, уроновые кислоты, сиаловые кислоты. Моносахариды как структурные мономерные единицы олиго- и полисахаридов. Структурный анализ олиго- и полисахаридов. Функции олиго- и полисахаридов. Понятие о лектинах. 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. Полиолы, глицерин, миоинозит. Стереохимия липидов. 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<sup>+</sup> и НАД(Ф)Н<sup>+</sup> в реакциях синтеза.

Биосинтез белков, роль нуклеиновых кислот. Рибосомный путь биосинтеза.

Принципы биоэнергетики. 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.

Транспорт субстратов и продуктов. Механизмы клеточной проницаемости: физическая диффузия, «облегченная» диффузия, первичный и вторичный активный транспорт. Организация транспортных систем. Способы сопряжения транспорта с энергией метаболизма. Регуляция транспортных процессов. Секреция и экскреция. Мембранная регуляция. Регуляция на уровне генома.

#### **4. Биофизическая химия**

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.

Кинетические основы 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.

Кинетические основы 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.

Мембранный потенциал. Редокс- потенциалы в биологических системах. Перенос вещества через мембраны. Мембранное равновесие, уравнение Доннана. Буферные смеси и их биологическая роль.

Адсорбция и поверхностные явления в биологических системах. Основные принципы хроматографии, ее применение.

Микробные популяции как коллоидные системы, стабилизация и коагуляция, седиментация. Высокомолекулярные биологические коллоидные системы, свойства растворов белков и полисахаридов. Физико-химические свойства гелей, роль гелей в биологических объектах.

## **5. Основы биотехнологии**

Основные биообъекты биотехнологии: промышленные микроорганизмы, клетки и ткани растений, животных и человека, биокатализаторы, в том числе реконструированные продуценты биологически активных веществ (селекция, метод рекомбинантных ДНК, гибридная технология).

Сырье для биосинтеза и оценка его биологической ценности.

Основные источники углерода, азота, фосфора, микроэлементов. Исследование новых источников сырья (включая вопросы его предварительной обработки), разработка новых питательных сред, в том числе включающих биостимуляторы и другие элементы управления и оптимизации процессов биосинтеза. Методы оптимизации питательных сред.

Способы культивирования микроорганизмов (периодическое, непрерывное, иммобилизация клеток и ферментов). Типовые технологические приемы и особенности культивирования микроорганизмов, клеток и тканей растений, животных и человека.

Непрерывные процессы культивирования. Теория хемостата.

Автоселекция в хемостате.

Полунепрерывные и периодические процессы культивирования.

Кинетическое описание периодического культивирования.

Удельные скорости роста биомассы, биосинтеза продукта и потребления субстратов. Влияние затрат субстрата на поддержание жизнедеятельности, на величину кажущегося экономического коэффициента.

Модели кинетики биосинтеза продуктов метаболизма в зависимости от удельной скорости роста, возраста культуры, концентрации субстратов и метаболитов в среде.

Смешанные консорциумы. Особенности их культивирования.

Принципы масштабирования процессов ферментации. Критерии масштабного перехода.

Особенности получения иммобилизованных биообъектов и их применение в биотехнологии. Диффузионные ограничения при использовании иммобилизованных ферментов и клеток.

Методы контроля специфических параметров процесса ферментации.

Типовые технологические приемы стадии выделения и очистки продуктов биосинтеза.

Флотация клеток и белковых продуктов из культуральной жидкости. Экстрагирование продуктов биосинтеза из биомассы микроорганизмов жидкостями и суперкритическими жидкостями. Центробежная экстракция лабильных продуктов из культуральной жидкости.

Сушка лабильных биопродуктов и живых биопрепаратов.

Вопросы надежности и безопасных условий эксплуатации, контроля биопроцесса, охраны окружающей среды.

Современные подходы к созданию ресурсо- и энергосберегающих биотехнологий.

Система GMP.

## **6. Области применения современной биотехнологии**

Конструирование генноинженерно-модифицированных (трансгенных) растений. Технологии генной инженерии растений. Создание растений, устойчивых к болезням и вредителям. Повышение продуктивности растений. Создание растений с улучшенными питательными свойствами. Проблемы и перспективы.

Применение генной инженерии в животноводстве (трансгенные животные как «биореакторы» биологически активных веществ).

Производство кормового белка-белка одноклеточных микроорганизмов. Промышленные штаммы-продуценты. Сырьевая база. Требования, предъявляемые к качеству готового продукта. Биомасса промышленных микроорганизмов как сырье для получения широкой гаммы продуктов различного назначения. Использование технологии утилизации различных отходов (целлюлозосодержащие материалы, отходы пищевых производств).

Микробиологическое производство ферментных препаратов для кормопроизводства.

Микробиологическое производство индивидуальных L-аминокислот кормового назначения.

Микробиологическое производство кормовых антибиотиков

Микробиологическое производство концентратов витаминов кормового назначения.

Производство вакцин для животноводства.

Производство пробиотиков для животноводства.

Биотехнологии бактериальных и грибных средств защиты растений от вредных насекомых (инсектициды, фунгициды).

Биотехнологии бактериальных удобрений.

Производство стимуляторов роста растений гормональной природы.

Микробиологическое производство индивидуальных органических кислот (лимонная, молочная, аспарагиновая кислоты).

Микробиологическое производство ферментных препаратов. Использование ферментов микробного происхождения для пищевой промышленности: производство пищевого этанола, виноматериалов, пива, хлебопекарских дрожжей; производство ферментных препаратов (ренниноподобные протеиназы, глюкоизомеразы, бета-галактозидазы, бета-фруктофуранозидазы); производство препаратов, основанное на переработке биологического сырья, в том числе и биомасс промышленных микроорганизмов (препараты биологически активных добавок, содержащих смеси аминокислот, пептидов, витаминов и микроэлементов; пищевкусые добавки; концентраты и изоляты белковых веществ); производство подсластителей - заменителей сахара (глюкозо-фруктозные сиропы, аспартам); производство консервантов (низина).

Использование ферментов для текстильных, кожевенных технологий, при производстве стиральных порошков.

Использование методов иммобилизации биообъектов в медицинских биотехнологиях и в диагностике заболеваний. Основы современной иммунобиотехнологии. Гибридная технология. Использование антител для очистки биологических жидкостей. Типы вакцин и их конструирование. Культуральные и генно-инженерные вакцины. Производство сывороток. Современные прививочные препараты. Препараты на основе живых культур микроорганизмов (нормофлоры и пробиотики). Иммуносенсоры. Производство биосенсоров на основе ферментов. Диагностические средства *in vitro* для клинических исследований.

Производство пробиотиков.

Производство ферментов медицинского назначения. Создание ферментов с помощью методов генной инженерии. Производство препаратов на основе смеси L-аминокислот для перорального и парентерального питания.

Технологии лекарственных препаратов на базе стабильных адресных липосом. Конструирование и производство генно-инженерного инсулина. Другие генно-инженерные лекарства и препараты.



Производство иммуномодуляторов, иммуностимуляторов и иммунодепрессантов.

Микробиологическое производство антибиотиков различных классов для медицины.  
Полусинтетические антибиотики.

Микробиологическое производство витаминов для здравоохранения.

Технологии продуктов трансформации органических соединений ферментами микробных клеток: сорбит в производстве аскорбиновой кислоты; гидрокортизон и превращение его в преднизолон; продукты дегидрирования, восстановления и гидроксиглирования стероидов; продукты окисления производных индола и пиридина.

Технологии культивирования *in vitro* клеток и тканей растений для получения фитопрепаратов и лечебно-профилактических добавок.

Микробиологическое производство возобновляемых источников энергии: низших спиртов, ацетона, метана, биоконверсией органических отходов и растительного сырья.  
Микробиологическое производство биотоплива.

Геомикробиология и экология нефте- и угледобычи. Бактериальное выщелачивание химических элементов из руд, концентратов и горных пород, обогащение руд, биосорбция металлов из растворов. Удаление серы из нефти и угля. Повышение нефтеотдачи. Удаление метана из угольных пластов. Подавление биокоррозии нефтепроводов.

Производство био- и фоторазлагаемых конструкционных пластмасс для промышленной энергетики.

Антропогенные факторы химического и биологического загрязнения окружающей среды. Органические ксенобиотики, соединения азота, серы, фосфора, тяжелые металлы и радионуклиды.

Биологические методы для решения задач охраны окружающей среды.

Основные биохимические пути микробиологической трансформации загрязняющих веществ. Микроорганизмы — биодеструкторы.

Биологическая очистка сточных вод. Принципиальные схемы очистных сооружений. Основные принципы работы, методы и сооружения аэробной и анаэробной биологической очистки сточных вод и переработки промышленных отходов.

Биологические методы очистки воздуха. Биологическая дезодорация газов. Основные методы.

Биоремедиация и биологическая очистка природных сред. Основные подходы. Создание технологий для восстановления окружающей среды с использованием растений и микроорганизмов.

Биологическая переработка твердых отходов. Биодеструкция природных и синтетических полимерных материалов. Компостирование. Вермикультура.

Биологическая коррозия и биоциды.

Мониторинг окружающей среды. Методы биотестирования и биоиндикации в мониторинге.

## **7. Стерилизация технологических потоков и оборудования**

Классификация производств биосинтеза по отношению к контаминации. Возможные пути проникновения посторонней микрофлоры в биореактор.

Способы стерилизации жидкостей, твердых субстратов и воздуха. Термическая стерилизация. Критерии стерилизации, их расчет для изотермического, непрерывного и нестационарных условий. Аппаратурное оформление стадий. Деконтаминация воздуха и оборудования в производственных помещениях.

## **8. Материальный и энергетический балансы процесса биосинтеза**

Стехиометрия микробиологического синтеза. Методы расчета стехиометрических коэффициентов и составление материального баланса стадии биосинтеза.

Влияние условий культивирования продуцента на тепловыделение, величину экономического коэффициента и степень утилизации субстрата. Потребление кислорода микроорганизмами. Массопередача кислорода от воздуха к клеткам. Концентрационные "ямы". Массопередача углекислого газа. Массообменные характеристики ферментационного оборудования. Пенообразование и пеногашение. Перемешивание при ферментации и его виды.

Массообменные и тепловой расчеты биореакторов: по областям применения, по условиям проведения процессов биосинтеза.

Основное ферментационное оборудование, его виды и предварительный подбор.

Биореакторы периодические и непрерывно действующие, полного смешения, полного вытеснения и промежуточного типа.

Биореакторы для осуществления асептических, условно-асептических и неасептических операций.

Классификация биореакторов по способу ввода энергии: аппараты с механическим перемешиванием, барботажный, эрлифтный.

Методы определения величины коэффициента массопередачи в биореакторах различной конструкции.

## **9. Основы моделирования биореакторов**

Этапы моделирования. Параметры моделирования и их сопоставление. Моделирование по вводимой удельной энергии, по интенсивности массопереноса кислорода.

Исследование и разработка принципов и алгоритмов оптимального компьютерного проектирования биотехнологических систем.

## **10. Описание основного оборудования для выделения, концентрирования и очистки продуктов биосинтеза с целью получения готовых товарных форм препаратов**

Оборудование для разделения микробных суспензий, жидкой и твердой фазы (центрифуги осадительного и фильтрующего типа с периодической и с непрерывной выгрузкой осадка; суперцентрифуги; сепараторы для фильтрования и отжима осадков).

Оборудование для концентрирования культуральных жидкостей и нативных растворов вакуум-выпариванием (аппараты с восходящей и падающей пленкой; роторно-пленочные испарители).

Оборудование для проведения процессов осаждения (влияние начальной концентрации осаждаемого вещества, температуры на скорость образования осадка).

Оборудование для проведения процессов экстракции из твердой фазы и органическим растворителем (влияние соотношения фаз, времени контакта фаз на эффективность процесса).

Оборудование для баромембранного разделения и очистки продуктов биосинтеза и воздуха (микрофильтрация, ультрафильтрация; обратный осмос; селективность баромембранных процессов; концентрация гелеобразования).

Оборудование для хроматографического концентрирования и разделения компонентов нативного раствора (ионный обмен и гельфильтрация; очистка продуктов биосинтеза на гидрофобных сорбентах).

Оборудование для сушки биотехнологической продукции (сушилki распылительные, вальцово-ленточные, барабанные, кипящего слоя, пневматические, сублимационные, вакуумные и вакуумные с подбросом давления).

Оборудование для очистки газо-воздушных выбросов и сточных вод (трубы Вентури, скрубберы мокрой очистки, отстойники, биофильтры, аэротенки, окситенки, метантенки).

## **11. Принципы регулирования, контроля и автоматического управления процессами биосинтеза**

Создание и эксплуатация приборов, систем измерения физико-химических, физиологических и биофизических параметров, компьютеризированных технологических комплексов.

### **Рекомендуемая литература**

1. Ожимкова, Е.В. Биотехнологические аспекты получения биологически активных веществ : учеб. пособие : в составе учебно-методического комплекса / Е.В. Ожимкова, Е.А. Прутенская, Э.М. Сульман; Тверской гос. техн. ун-т. - Тверь : ТвГТУ, 2015. - (УМК-У). - Сервер. - Текст : электронный. - ISBN 978-5-7995-0797-8 : 0-00. - URL: <http://elib.tstu.tver.ru/MegaPro/GetDoc/Megapro/110789>. - (ID=110789-1)
2. Ожимкова, Е.В. Биотехнологические аспекты получения биологически активных веществ : учеб. пособие : в составе учебно-методического комплекса / Е.В. Ожимкова, Е.А. Прутенская, Э.М. Сульман; Тверской гос. техн. ун-т. - Тверь : ТвГТУ, 2015. - 151 с. : ил. - (УМК-У). - Текст : непосредственный. - ISBN 978-5-7995-0797-8 : [б. ц.]. - (ID=110729-73)
3. Биотехнология : теория и практика : учеб. пособие для вузов по спец. 020201 "Биология" : в составе учебно-методического комплекса / Н.В. Загоскина [и др.]; под ред.: Н.В. Загоскиной, Л.В. Назаренко. - Москва : ОНИКС, 2009. - 492, [1] с. : ил., табл. - (УМК-У). - Библиогр. : с. 487 - 493. - Текст : непосредственный. - ISBN 978-5-488-02173-0 : 280 р. - (ID=81210-9)
4. Прикладная экобиотехнология : учеб. пособие для вузов по специальности "Биотехнология" : в 2 т. : в составе учебно-методического комплекса. Т. 1 / А.Е. Кузнецов [и др.]. - М. : БИНОМ. Лаборатория знаний, 2010. - 629 с. : ил., граф. - (Учебник для высшей школы) (УМК-У). - Текст : непосредственный. - ISBN 978-5-9963-0152-2 (Т. 1) : 336 р. - (ID=84643-2)
5. Прикладная экобиотехнология : учеб. пособие для вузов по специальности "Биотехнология" : в 2 т. : в составе учебно-методического комплекса. Т. 2 / А.Е. Кузнецов [и др.]. - М. : БИНОМ. Лаборатория знаний, 2010. - 485 с. : ил. - (Учебник для высшей школы) (УМК-У). - Текст : непосредственный. - ISBN 978-5-9963-0153-9 (Т. 2) : 336 р. - (ID=83527-2)
6. Теоретические основы биотехнологии и производства биологически активных веществ - стимуляторов роста растений : учеб. пособие / Тверской гос. техн. ун-т ; сост.: Е.В. Ожимкова, И.В. Ущиповский, А.А. Степачева, Э.М. Сульман. - Тверь : ТвГТУ, 2018. - 95 с. : ил. - Сервер. - Текст : электронный. - ISBN 978-5-7995-0992-7 : 0-00. - URL: <http://elib.tstu.tver.ru/MegaPro/GetDoc/Megapro/132733>. - (ID=132733-1)
7. Теоретические основы биотехнологии и производства биологически активных веществ - стимуляторов роста растений : учебное пособие / Е.В. Ожимкова [и др.]; Тверской гос. техн. ун-т. - Тверь : ТвГТУ, 2018. - 95 с. - Текст : непосредственный. - ISBN 978-5-7995-0992-7 : [б.ц.]. - (ID=132527-75)

## Дополнительная литература

1. Бич, Г. Биотехнология : принципы и применение : пер. с англ. / Г. Бич, Д. Бест, К. Брайерли; под ред.: И. Хиггинса [и др.]. - М. : Мир, 1988. - Сервер. - Текст : электронный. - 0-00. - URL: <http://elib.tstu.tver.ru/MegaPro/GetDoc/Megapro/83285>. - (ID=83285-1)
2. Громова, Н.Ю. Технология синтеза и биосинтеза биологически активных веществ : учеб. пособие : в составе учебно-методического комплекса / Н.Ю. Громова, Ю.Ю. Косивцов, Э.М. Сульман. - 1-е изд. - Тверь : ТвГТУ, 2006. - (УМК-У). - Сервер. - Текст : электронный. - 0-00. - (ID=61195-1)
3. Громова, Н.Ю. Технология синтеза и биосинтеза биологически активных веществ : учеб. пособие : в составе учебно-методического комплекса / Н.Ю. Громова, Ю.Ю. Косивцов, Э.М. Сульман; Тверской гос. техн. ун-т. - 1-е изд. - Тверь : ТвГТУ, 2006. - 82 с. - (УМК-У). - Библиогр. : с. 81 - 83. - Текст : непосредственный. - ISBN 5-7995-0345-7 : 54 р. 64 к. - (ID=61003-120)
4. Елинов, Н.П. Химическая микробиология : учебник для вузов по спец. "Биотехнология" / Н.П. Елинов. - М. : Высшая школа, 1989. - Сервер. - Текст : электронный. - ISBN 5-06-000089-3 : 0-00. - URL: <http://elib.tstu.tver.ru/MegaPro/GetDoc/Megapro/83332>. - (ID=83332-1)
5. Клесов, А.А. Ферментативный катализ : учеб. пособие для хим. спец. ун-тов. Ч. 2 : Ферментативная деструкция полимеров / А.А. Клесов, И.В. Березин. - Москва : Московский гос. ун-т, 1984. - 216 с. : ил. - (ID=55032-0) Клесов, А.А. Ферментативный катализ: учеб. пособие для хим. спец. ун-тов. Ч. 2 / Клесов, А.А., Березин, И.В. - М.: Московский гос. ун-т, 1984. - 216 с. - (55032-1)
6. Клесов, А.А. Ферментативный катализ : учеб. пособие для хим. спец. ун-тов. Ч. 1 : Специфичность ферментативного катализа. Простые субстраты / А.А. Клесов, И.В. Березин. - Москва : Московский гос. ун-т, 1980. - 264 с. : ил. - (ID=55031-0)
7. Мокрушин, В.С. Основы химии и технологии биоорганических и синтетических лекарственных веществ : учеб. пособие для вузов по спец. "Химическая технология органических веществ", "Химическая технология биологически активных веществ", "Биотехнология" : в составе учебно-методического комплекса / В.С. Мокрушин, Г.А. Вавилов. - Санкт-Петербург : Проспект Науки, 2009. - 494 с. - (УМК-У). - Текст : непосредственный. - ISBN 978-5-903090-23-5 : 750 р. - (ID=84665-3)
8. Муратова, Е.И. Биотехнология органических кислот и белковых препаратов : учеб. пособие / Е.И. Муратова, О.В. Зюзина, О.Б. Шуняева; Тамбовский государственный технический университет. - Тамбов : Тамбовский гос. техн. ун-т, 2007. - Внешний сервер. - Текст : электронный. - URL: [http://window.edu.ru/window/library?p\\_mode=1&p\\_rid=56750&p\\_rubr=2.2.75.3](http://window.edu.ru/window/library?p_mode=1&p_rid=56750&p_rubr=2.2.75.3). - (ID=76639-0)
9. Нетрусов, А.И. Микробиология : учебник для вузов по напр. подготовки бакалавра "Биология" и биол. спец. : в составе учебно-методического комплекса / А.И. Нетрусов, И.Б. Котова. - М. : Академия, 2012. - 379 с. - (Высшее профессиональное образование. Бакалавриат) (УМК-У). - Текст : непосредственный. - ISBN 978-5-7695-9286-7 : 500 р. 50 к. - (ID=94602-1)
10. Орехов, С.Н. Биотехнология : учебник для вузов по направ. "Фармация" по дисциплине "Биотехнология" : в составе учебно-методического комплекса / С.Н. Орехов, И.И. Чакалева; под ред. А.В. Катлинского. - Москва : Академия, 2014. - 282 с. - (Высшее образование) (УМК-У). - Текст : непосредственный. - ISBN 978-5-4468-0788-8 : 646 р. 80 к. - (ID=109374-2)
11. Кантере, В.М. Основы проектирования предприятий микробиологической промышленности : учеб. пособие для вузов по специальности "Биотехнология" / В.М. Кантере, М.С. Мосичев. - М. : Агропромиздат, 1990. - (Учебники и учебные пособия для студентов высших учебных заведений). - Сервер. - Текст : электронный. - 0-00. - URL: <http://elib.tstu.tver.ru/MegaPro/GetDoc/Megapro/83245>. - (ID=83245-1)

12. Самсонова, Т.И. Методы тонкого органического синтеза в технологии биологически активных веществ : учеб. пособие : в составе учебно-методического комплекса. Ч. 1 / Т.И. Самсонова, Э.М. Сульман, Е.В. Ожимкова; Тверской гос. техн. ун-т. - 1-е изд. - Тверь : ТвГТУ, 2007. - (УМК-У). - Библиогр. : с. 127. - Сервер. - Текст : электронный. - ISBN 5-7995-0386-4 : 0-00. - (ID=65638-1)

13. Самсонова, Т.И. Методы тонкого органического синтеза в технологии биологически активных веществ : учеб. пособие : в составе учебно-методического комплекса. Ч. 1 / Т.И. Самсонова, Э.М. Сульман, Е.В. Ожимкова; Тверской гос. техн. ун-т. - 1-е изд. - Тверь : ТвГТУ, 2007. - 127 с. - (УМК-У). - Библиогр. : с. 127. - Текст : непосредственный. - ISBN 5-7995-0386-4 : [б. ц.]. - (ID=65200-77)

14. Самсонова, Т.И. Методы тонкого органического синтеза в технологии биологически активных веществ : учеб. пособие : в составе учебно-методического комплекса. Ч. 2 / Т.И. Самсонова, Л.Ж. Никошвили, Э.М. Сульман; Тверской гос. техн. ун-т. - 1-е изд. - Тверь : ТвГТУ, 2011. - 127 с. - (УМК-У). - Сервер. - Текст : непосредственный. - Текст : электронный. - ISBN 978-5-7995-0603-2 : 82 р. 80 к. - URL: <http://elib.tstu.tver.ru/MegaPro/GetDoc/Megapro/89363>. - (ID=89363-76)

15. Сельскохозяйственная биотехнология = Agricultural biotechnology : учебник для вузов по с.-х., естеств.-науч. и пед. спец. и магистер. программам : в составе учебно-методического комплекса / В.С. Шевелуха [и др.]; под ред. В.С. Шевелухи. - 2-е изд. ; перераб. и доп. - Москва : Высшая школа, 2003. - 470 с. : ил. - (УМК-У). - Библиогр. в конце гл. - ISBN 5-06-004264-2 : 108 р. 30 к. - (ID=4003-10)

16. Сульман, Э.М. Кинетика ферментативного катализа : учеб. пособие / Э.М. Сульман, Э.А. Тактаров; Тверской гос. техн. ун-т. - Тверь : ТвГТУ, 1998. - 119 с. - Библиогр. : с. 18 - 19. - Текст : непосредственный. - ISBN 5-7995-0012-1 : 17 р. - (ID=2829-7)

17. Ченцов, Ю.С. Введение в клеточную биологию : учебник для ун-тов по напр. 510600 "Биология" и биол. спец. : в составе учебно-методического комплекса / Ю.С. Ченцов. - 4-е изд. ; перераб. и доп. - Москва : Академкнига, 2005. - 494 с. : ил. - (Классический университетский учебник XXI века) (УМК-У). - Библиогр. : с. 487. - Текст : непосредственный. - ISBN 5-94628-105-4 : 361 р. - (ID=59494-5)

18. Щелкунов, С.Н. Генетическая инженерия : учебное пособие для вузов по напр. "Биология" и спец. "Биотехнология", "Биохимия", "Генетика", "Микробиология" / С.Н. Щелкунов. - 3-е изд. ; испр. и доп. - Новосибирск : Сибирское университетское изд-во, 2008. - 514 с. : ил. - Библиогр. в конце гл. - Текст : непосредственный. - ISBN 978-5-379-00335-7 : 1692 р. - (ID=73998-10)

### **Программное и коммуникационное обеспечение**

ЭБС и лицензионные ресурсы ТвГТУ размещены:

[http://lib.tstu.tver.mindex.php/obr-res:](http://lib.tstu.tver.mindex.php/obr-res)

ЭБС "Лань": <https://e.lanbook.com/security/register>

ЭБС "Университетская библиотека онлайн": <http://www.biblioclub.ru/>

ЭБС «IPRBooks»: <http://www.iprbookshop.ru/>

Электронная образовательная платформа "Юрайт" (ЭБС «Юрайт»): <http://urait.ru/>

Научная электронная библиотека eLIBRARY:  
[http://elibrary.ru/projects/subscription/rus\\_titles\\_open.asp?](http://elibrary.ru/projects/subscription/rus_titles_open.asp?)

Информационная система "ТЕХНОРМАТИВ". Конфигурация "МАКСИМУМ": сетевая версия (годовое обновление): [нормативно-технические, нормативно-правовые и руководящие документы (ГОСТы, РД, СНИПы и др.). Диск 1, 2, 3, 4. - М.: Технорматив, 2014. - (Документация для профессионалов). - CD. - Текст: электронный. - 119600 р. - (105501-1)

**УМК размещен:** <https://elib.tstu.tver.ru/MegaPro/GetDoc/Megapro/122119>

### **Периодические издания**

1. Биотехнология : журнал. - Внешний сервер. - Текст : непосредственный. - Текст : электронный. - 0-00. - URL: <http://www.genetika.ru/journal/>. - URL: [https://www.elibrary.ru/title\\_about\\_new.asp?id=7679](https://www.elibrary.ru/title_about_new.asp?id=7679). - (ID=77524-12)

2. Прикладная биохимия и микробиология : журнал. - Внешний сервер. - Текст : непосредственный. - Текст : электронный. - 0-00. - URL: <http://www.inbi.ras.ru/pbm/pbm.html>. - URL: [https://www.elibrary.ru/title\\_about\\_new.asp?id=7955](https://www.elibrary.ru/title_about_new.asp?id=7955). - (ID=77723-6)

3. Известия вузов. Прикладная химия и биотехнология : журнал. - ЭБС eLIBRARY.RU. - Текст : электронный. - URL: [https://elibrary.ru/title\\_about.asp?id=32964](https://elibrary.ru/title_about.asp?id=32964). - (ID=133776-0)

### **Форма проведения вступительного испытания и критерии оценки**

Вступительное испытание по специальной дисциплине проводится в письменной или устной форме, с сочетанием указанных форм, или в иных формах, определяемых ТвГТУ (по билетам, в форме собеседования по вопросам, перечень которых доводится до сведения поступающих путем публикации на официальном сайте).

Уровень знаний оценивается экзаменационной комиссией утверждённой по соответствующему направлению (профилю) программы подготовки научно-педагогических кадров в аспирантуре по 5-балльной шкале (2 балла – «неудовлетворительно», 3 балла – «удовлетворительно», 4 балла – «хорошо», 5 баллов – «отлично»). Результаты проведения вступительного испытания оформляются протоколом, в котором фиксируются вопросы экзаменаторов к поступающему.

Оценка на вступительном испытании экзаменационной комиссией:

- 5 баллов - «отлично», если поступающий в аспирантуру показал глубокие знания по всем поставленным вопросам, грамотно и логично их излагает;

- 4 балла - «хорошо», если поступающий в аспирантуру твердо знает материал, грамотно его излагает, не допускает существенных неточностей в ответах на поставленные вопросы, представил ответы не в полном объеме (не менее 75%), либо в полном объеме, но с несущественными погрешностями и ошибками;

- 3 балла - «удовлетворительно», если поступающий в аспирантуру показывает знания только основных положений по поставленным вопросам, требует в отдельных случаях наводящих вопросов членов экзаменационной комиссии для принятия правильного решения, допускает отдельные неточности; представил ответы не в полном объеме (не менее 50%) либо в полном объеме, но с существенными погрешностями и ошибками;

- 2 балла - «неудовлетворительно», если поступающий в аспирантуру допускает грубые ошибки в ответах на поставленные вопросы; представил ответы не в полном объеме (менее 50%).

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение  
высшего образования  
«Тверской государственный технический университет»

**ЭКЗАМЕНАЦИОННЫЙ БИЛЕТ № 1**

вступительного испытания для поступающих на обучение по программам подготовки  
научно-педагогических кадров в аспирантуре  
по научной специальности 1.5.6 Биотехнология

1. Трансгенные растения. Основные методы получения генетически модифицированных растений. Особенности агробактериальной трансформации растений.
2. Непрерывные процессы культивирования. Условия непрерывного культивирования. Теория хемостата. Особенности культивирования в режиме хемостата.
3. Биотехнологии бактериальных и грибных средств защиты растений от вредных насекомых (инсектициды, фунгициды).