

**ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ
УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
СТАВРОПОЛЬСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ АГРАРНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ**

УТВЕРЖДАЮ

Директор/Декан
института ветеринарии и
биотехнологий
Скрипкин Валентин Сергеевич

«__» _____ 20__ г.

ФОНД ОЦЕНОЧНЫХ СРЕДСТВ (ОЦЕНОЧНЫХ МАТЕРИАЛОВ)

**Б1.В.02 Проектирование инновационных биотехнологических
процессов**

19.03.01 Биотехнология

Биотехнология продуктов питания

бакалавр

очная

1. Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине, соотнесенных с планируемыми результатами освоения образовательной программы

Процесс изучения дисциплины направлен на формирование следующих компетенций ОП ВО и овладение следующими результатами обучения по дисциплине:

Код и наименование компетенции	Код и наименование индикатора достижения	Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине
ПК-1 Способен оперативно управлять производством биотехнологической продукции для пищевой промышленности	ПК-1.3 Способен разрабатывать и внедрять мероприятия по повышению эффективности технологических процессов производства биотехнологической продукции для пищевой промышленности на основе анализа производственных данных и современных методов оптимизации	знает принципы системного анализа и математического моделирования технологических процессов биотехнологических производств, включая методы принятия решений и поисковой оптимизации на основе дифференциальных уравнений и массового баланса; основные методы оптимизации (метод Бокса–Уилсона, многофакторные эксперименты с ограниченным числом опытов) для повышения выхода и продуктивности процессов; современные подходы к анализу производственных данных, в том числе применение машинного обучения для предиктивного контроля и оптимизации режимов работы биореакторов.
		умеет собирать и систематизировать производственные данные (например, показатели выхода, расход сырья, энергопотребление), применять статистические методы и современные алгоритмы оптимизации (линейное программирование, эвристические подходы, машинное обучение) для выявления «узких мест» и расчёта оптимальных режимов; разрабатывать практические мероприятия (модернизация оборудования, корректировка технологических параметров, внедрение автоматизированных систем управления) и осуществлять их внедрение; проводить мониторинг и оценку эффективности реализованных улучшений посредством ключевых показателей производительности и экономической выгоды.
		владеет навыками современными методами математического и статистического анализа производственных данных (хеометрика, мультимодальный анализ, методы планирования экспериментов и регрессионного моделирования) и алгоритмами оптимизации (многокритериальная оптимизация, генетические алгоритмы, машинное обучение) для повышения выхода и качества биотехнологической продукции, уметь пользоваться цифровыми инструментами мониторинга и управления процессами (MES/SCADA, цифровые двойники) и программными пакетами для моделирования биореакторов и массопереноса (Aspen Plus, MATLAB, Python), а также применять подходы Lean Six Sigma и принципы устойчивой циркулярной экономики для внедрения мероприятий по оптимизации и снижению потерь в пищевой биотехнологии.

2. Перечень оценочных средств по дисциплине

№	Наименование раздела/темы	Семестр	Код индикаторов достижения компетенций	Оценочное средство проверки результатов достижения индикаторов компетенций
1.	1 раздел. Основы проектирования и моделирования			
1.1.	Основы проектирования и моделирования	8	ПК-1.3	Устный опрос
1.2.	Контрольная точка	8	ПК-1.3	Коллоквиум
2.	2 раздел. Дизайн биореакторов и масштабирование			
2.1.	Дизайн биореакторов и масштабирование	8	ПК-1.3	Устный опрос
2.2.	Контрольная точка	8	ПК-1.3	Коллоквиум
3.	3 раздел. Устойчивость, регуляторика и экономика			
3.1.	Устойчивость, регуляторика и экономика	8	ПК-1.3	Устный опрос
3.2.	Контрольная точка	8	ПК-1.3	Коллоквиум
4.	4 раздел. Цифровизация, инновации и защита проектов			
4.1.	Цифровизация, инновации и защита проектов	8	ПК-1.3	Устный опрос
5.	5 раздел. Экзамен			
5.1.	Экзамен	8	ПК-1.3	
	Промежуточная аттестация			Эк

3. Оценочные средства (оценочные материалы)

Примерный перечень оценочных средств для текущего контроля успеваемости и промежуточной аттестации

№ п/п	Наименование оценочного средства	Краткая характеристика оценочного средства	Представление оценочного средства в фонде (Оценочные материалы)
Текущий контроль			
	Для оценки знаний		

1	Устный опрос	Средство контроля знаний студентов, способствующее установлению непосредственного контакта между преподавателем и студентом, в процессе которого преподаватель получает широкие возможности для изучения индивидуальных особенностей усвоения студентами учебного материала.	Перечень вопросов для устного опроса
2	Коллоквиум	Средство контроля усвоения учебного материала темы, раздела или разделов дисциплины, организованное как учебное занятие в виде собеседования преподавателя с обучающимися.	Вопросы по темам/разделам дисциплины
Для оценки умений			
Для оценки навыков			
Промежуточная аттестация			
3	Экзамен	Средство контроля усвоения учебного материала и формирования компетенций, организованное в виде беседы по билетам с целью проверки степени и качества усвоения изучаемого материала, определить необходимость введения изменений в содержание и методы обучения.	Комплект экзаменационных билетов

4. Примерный фонд оценочных средств для проведения текущего контроля и промежуточной аттестации обучающихся по дисциплине (модулю) "Проектирование инновационных биотехнологических процессов"

Примерные оценочные материалы для текущего контроля успеваемости

Вопросы для устного опроса:

1. Основы проектирования и моделирования
 1. Что включает в себя этап предпроектного анализа в биотехнологии?
 2. Какие существуют основные этапы проектирования биотехнологического процесса?
 3. Что такое технико-экономическое обоснование проекта и из каких разделов оно состоит?
 4. Какие методы моделирования используются в биотехнологических процессах?
 5. Чем отличаются статические и динамические модели в биотехнологии?
 6. Как классифицируются математические модели по степени детализации?
 7. В чём заключается роль балансовых уравнений при моделировании?

8. Каковы особенности кинетического моделирования в пищевой биотехнологии?
9. Что такое CFD-моделирование и где оно применяется в проектировании?
10. Как учитываются санитарно-гигиенические требования на этапе проектирования?
11. Что такое потоковый лист (Flow Sheet) и как он используется в проектировании?
12. Какие программные среды применяются для моделирования биотехнологических процессов?
13. Какие факторы необходимо учитывать при выборе сырья на стадии проектирования?
14. Что такое технологическая схема и чем она отличается от схемы автоматизации?
15. Какие критерии устойчивости биотехнологического процесса учитываются при моделировании?

2. Дизайн биореакторов и масштабирование

1. Какие типы биореакторов применяются в пищевой биотехнологии?
2. Как влияет форма и размер биореактора на эффективность процесса?
3. Что такое соотношение объёмов в системе биореактор–аэратор и почему оно важно?
4. Какие параметры являются ключевыми для контроля в биореакторах?
5. Что такое масштабирование вверх и вниз в биотехнологии?
6. Какие основные проблемы возникают при масштабировании биопроцесса?
7. Как обеспечить равномерное перемешивание в крупных биореакторах?
8. Что такое критерий подобия и как он используется при масштабировании?
9. Какие системы стерилизации применяются в конструкциях биореакторов?
10. Что такое mass transfer rate (скорость массопереноса) и как она влияет на биореактор?
11. Как рассчитывается кислородный баланс в биореакторах?
12. Какие материалы предпочтительны при проектировании ферментёров для пищевой продукции?
13. Как проектируются системы управления и мониторинга биореактора?
14. Что учитывается при выборе датчиков для контроля pH, DO, температуры?
15. Как биореакторы адаптируются к различным типам культур (бактерии, дрожжи, микроводоросли)?

3. Устойчивость, регуляторика и экономика

1. Что включает в себя оценка устойчивости биотехнологического процесса?
2. Какие экологические риски необходимо учитывать при проектировании?
3. Какие существуют подходы к Life Cycle Assessment (LCA) биотехнологических продуктов?
4. Как оценивается углеродный след биотехнологического производства?
5. Что такое биобезопасность и какие уровни биобезопасности существуют?
6. Какие существуют нормативные акты, регулирующие производство пищевых биотехнологических продуктов в РФ?
7. Какие международные стандарты следует учитывать при разработке продукта (например, ISO, HACCP)?
8. В чём заключаются принципы устойчивого проектирования?
9. Что такое GMP и как его внедрение влияет на проект?
10. Какие финансовые показатели используют для оценки экономической эффективности проекта?
11. Что такое точка безубыточности и как она рассчитывается?
12. Какие методы анализа инвестиционных проектов применяются в биотехнологии?
13. Какие аспекты интеллектуальной собственности следует учитывать при проектировании?
14. Каковы особенности сертификации биотехнологической продукции?
15. В чём заключается отличие между регуляторными требованиями для функционального и обычного пищевого продукта?

4. Цифровизация, инновации и защита проектов

1. Какие цифровые инструменты применяются при проектировании биотехнологических процессов?

2. Что такое цифровой двойник (digital twin) в биотехнологии?
3. Какие системы автоматизированного управления технологическими процессами (АСУ ТП) используются?
4. Как искусственный интеллект может быть применён для оптимизации биопроизводства?
5. В чём преимущества внедрения SCADA-систем на предприятиях пищевой биотехнологии?
6. Что такое PAT (Process Analytical Technology) и как он реализуется?
7. Какие современные платформы используются для управления проектами в биотехнологии?
8. Что такое открытые инновации и как они применяются в биоиндустрии?
9. Какие источники финансирования инновационных биопроектов наиболее доступны в РФ?
10. Как защищается биотехнологический стартап с юридической точки зрения?
11. Что входит в презентацию инвестиционного проекта по биотехнологии?
12. Какие методы оценки рисков цифровых решений в пищевой отрасли применяются?
13. Что такое биохакинг и может ли он быть источником инноваций в проектировании?
14. Как подать заявку на патент на биотехнологический продукт?
15. Какие тенденции цифровизации ожидаются в пищевой биотехнологии в ближайшие 5 лет?

Коллоквиум 1. Основы проектирования и моделирования (Модуль 1)

1. Тестовые вопросы (MCQ)

1. Какие этапы включает общий биотехнологический процесс?
 - A) Подготовка сырья, субстратное обогащение, ферментация, очистка продукта
 - B) Upstream, ферментация, downstream, аналитика
 - C) Только ферментация и очистка
 - D) Генетическая трансформация и downstream
2. Что из перечисленного описывает нарушение массопотока в замкнутой системе?
 - A) Нарушение закона сохранения массы
 - B) Погрешности измерений датчиков
 - C) Наличие утечек на оборудовании
 - D) Изменение pH среды
3. В каком программном пакете обычно моделируют биотехнологические процессы?
 - A) Aspen Plus
 - B) COMSOL Multiphysics
 - C) MATLAB/Simulink
 - D) Все перечисленные
4. Какая величина прямо связана с выходом конечного продукта при работе с плазмидными векторами?
 - A) Единичная скорость роста клеток
 - B) Копийность плазмидного вектора
 - C) Концентрация субстрата
 - D) Скорость аэрации

2. Задача на расчёт

Условие: В заданной лабораторной колонне идёт непрерывная ферментация с расходом среды $Q_{in} = 2 \text{ L/h}$ и концентрацией субстрата в питательном растворе $S_{in} = 50 \text{ g/L}$. В выходном потоке $Q_{out} = 2 \text{ L/h}$ концентрация $S_{out} = 5 \text{ g/L}$.

Вопрос: Определите скорость потребления субстрата (г/ч) и проверьте баланс массы по субстрату.

3. Вопросы открытого типа

1. Опишите в 3–4 предложениях основные принципы моделирования материальных балансов в биореакторах.
2. Расскажите о различиях между пакетными, периодическими и непрерывными культурами микроорганизмов.
3. Приведите один пример, когда математическое моделирование спасло проект от

масштабного технологического сбоя.

Коллоквиум 2. Дизайн биореакторов и масштабирование (Модуль 2)

1. Тестовые вопросы (MCQ)

1. Какой тип биореактора чаще всего используется для выращивания одноклеточных микроорганизмов?
A) Стиррый биореактор с перемешиванием
B) Реактор с фиксированным слоем
C) Аспирационный реактор
D) Пневматический реактор
2. Что обеспечивает масштабирование по постоянному отношению P/V (мощность к объёму)?
A) Сохранение одинаковой турбулентности
B) Постоянное удельное перемешивание
C) Регулирование расхода газа
D) Фиксацию pH
3. Какой датчик НЕ используется для онлайн-контроля в биореакторе?
A) DO (растворённый кислород)
B) pH
C) Вискозиметр
D) Оптический датчик клеточной массы
4. При масштабировании от $L \rightarrow m^3$ сохраняют:
A) Тепловой баланс
B) Массовый баланс субстрата
C) Кинетические параметры роста и массообмен
D) Все перечисленные
2. Задача на расчёт

Условие: В лабораторном реакторе объёмом 2 L перемешивание осуществляется с мощностью $P_{lab} = 200 \text{ W}$. Требуется спроецировать мощность на реактор объёмом 2000 L при сохранении P/V постоянным.

Вопрос: Рассчитайте P_{ind} (мощность промышленного реактора).

3. Вопросы открытого типа

1. Опишите процедуру установки и калибровки датчика DO в биореакторе.
2. Перечислите ключевые параметры, влияющие на эффективность масштабирования.
3. Охарактеризуйте различия между механическим и пневматическим перемешиванием.

Коллоквиум 3. Устойчивость, регуляторика и экономика (Модуль 3)

1. Тестовые вопросы (MCQ)

1. Что из перечисленного НЕ относится к принципам циркулярной экономики?
A) Максимизация переработки
B) Уменьшение образования отходов
C) Одноразовое использование ресурсов
D) Восстановление сырья
2. В чём смысл CAPEX в биотехнологическом проекте?
A) Операционные затраты
B) Капитальные затраты на создание производства
C) Затраты на исследования
D) Расходы на персонал
3. Какой документ обязательный для регистрации нового биотехнологического продукта?
A) Технический паспорт установки
B) Реестр биобезопасности
C) Сертификат ISO 9001
D) Счёт-фактура
4. Показатель OPEX включает:
A) Затраты на электроэнергию, реагенты, фонд оплаты труда
B) Затраты на строительство

- С) Амортизацию оборудования
- Д) НИОКР

2. Задача на расчёт

Условие: Для установки требуется CAPEX = \$2 млн, а ежегодный OPEX оценивается в \$400 тыс. При ставке дисконтирования 5 % рассчитайте период окупаемости (Payback Period).

3. Вопросы открытого типа

1. Опишите ключевые этапы подготовки пакета документов для регуляторной инспекции (GMP, FDA, EAC).
2. Приведите примеры инструментов оценки жизненного цикла (LCA) в биотехнологии.
3. Объясните, почему устойчивое развитие важно для пищевых биотехнологий.

**Примерные оценочные материалы
для проведения промежуточной аттестации (зачет, экзамен)
по итогам освоения дисциплины (модуля)**

Экзаменационные вопросы

Билет № 1

1. Дайте определение материального баланса в биотехнологическом процессе.
2. Рассчитайте входной и выходной расходы для биореактора объёмом 500 л при расходе питающего раствора 20 л/ч и концентрации субстрата 150 г/л.
3. Разработайте схему масштабирования лабораторного биореактора (5 л) до полупромышленного (500 л), укажите три ключевых параметра.

Билет № 2

1. Перечислите основные этапы проектирования биотехнологического процесса.
2. Определите время пребывания среды (τ) в реакторе объёмом 1 м³ при объёмном расходе 100 л/ч.
3. Сформируйте технико-экономическое обоснование для внедрения процесса ферментации с выходом продукта 80 % по массе.

Билет № 3

1. Охарактеризуйте виды биореакторов по способу аэрации.
2. Рассчитайте массовую скорость аэрации (г/л·ч) при подаче воздуха 0,5 м³/ч в реактор 200 л, влажность воздуха 10 %.
3. Предложите конструктивное решение мешалки для реактора 1000 л, обоснуйте выбор частоты вращения.

Билет № 4

1. Опишите принцип работы системы SCADA в биотехнологии.
2. Спроектируйте простой контроллер поддержания pH на уровне 6,5 в реакторе 300 л; укажите точность регулирования $\pm 0,05$ ед.
3. Разработайте алгоритм автоматизированного контроля температуры с двумя независимыми датчиками.

Билет № 5

1. Назовите основные методы стерилизации технологического оборудования.
2. Рассчитайте потребление пара для стерилизации реактора 500 л за 30 мин при 121 °С, если теплоёмкость системы 4,2 кДж/(кг·°С).
3. Смоделируйте цикл стерилизации охлаждения с учётом запасов тепловой энергии.

Билет № 6

1. Перечислите показатели эффективности ферментации.
2. Определите скорость роста культуры (μ) при удвоении клеточной массы каждые 4 ч.
3. Сформируйте план эксперимента по оптимизации концентрации глюкозы для максимального μ .

Билет № 7

1. Охарактеризуйте принципы циркулярной био-экономики.
2. Рассчитайте выход биопродукта при рецикле жидкости 20 % и исходном выходе 70 %.
3. Разработайте схему утилизации побочных продуктов процесса.

Билет № 8

1. Опишите основные этапы валидации биотехнологического процесса.
2. Составьте список из трёх обязательных тестов при валидации стерильности установки.
3. Предложите программу документального сопровождения этапов валидации.

Билет № 9

1. Назовите типы математических моделей биореакторов.
2. Распишите уравнение материального баланса для непрерывного реактора CSTR объёмом 250 л.
3. Разработайте модель процесса с учётом реакции первого порядка и удержания клеток.

Билет № 10

1. Перечислите ключевые компоненты программного обеспечения для моделирования (например, Aspen Plus).
2. Опишите порядок подготовки входных данных для симуляции процесса ферментации.
3. Спроектируйте упрощённый цифровой дашборд для мониторинга трёх параметров процесса.

Билет № 11

1. Охарактеризуйте функции биокатализаторов в пищевой биотехнологии.
2. Рассчитайте активность фермента (U) при преобразовании 2 ммоль субстрата за 5 мин.
3. Предложите схему иммобилизации фермента на носителе площадью 0,1 м².

Билет № 12

1. Опишите основные принципы CRISPR технологий.
2. Определите размер вектора для доставки Cas9-генетической конструкции длиной 4 кб.
3. Разработайте стратегию контроля off target эффектов в лабораторном опыте.

Билет № 13

1. Перечислите факторы, влияющие на массовый перенос в биореакторе.
2. Рассчитайте коэффициент k_{La} для реактора 100 л при аэрации 0,3 м³/ч, k_{La} табличный = 150 ч⁻¹.
3. Сформулируйте рекомендации по оптимизации аэрации в промышленном масштабе.

Билет № 14

1. Назовите основные типы биосенсоров, применяемых в реальном времени.
2. Опишите процедуру калибровки датчика DO в реакторе 200 л.
3. Предложите метод оповещения персонала при превышении пороговых значений.

Билет № 15

1. Охарактеризуйте методы очистки биопродуктов (хроматография, фильтрация).
2. Рассчитайте объём адсорбента для хроматографии при загрузке 100 г белка и ёмкости смолы 50 г/л.
3. Спроектируйте многоступенчатую систему очистки с учётом выхода 90 %.

Билет № 16

1. Перечислите регуляторные требования для пищевых биопрепаратов.
2. Составьте контрольный список документации для регистрации продукта в РФ.
3. Разработайте график взаимодействия с регуляторными органами по этапам проекта.

Билет № 17

1. Опишите принципы расчёта CAPEX и OPEX в биотехнологическом проекте.
2. Рассчитайте OPEX за год для линии производства 100 т продукта, если себестоимость 500 Р/кг.
3. Предложите способы снижения операционных затрат на 10 %.

Билет № 18

1. Назовите ключевые риски реализации биотехнологических проектов.
2. Составьте матрицу рисков с вероятностью 20 % и уровнем ущерба «средний» для трёх рисков.
3. Разработайте план управления рисками для риска «загрязнение культуральной среды».

Билет № 19

1. Охарактеризуйте роль цифровизации (Industry 4.0) в биопроизводстве.
2. Опишите последовательность внедрения MES-системы на предприятии.
3. Сформируйте дорожную карту цифровой трансформации отделения биотехнологии.

Билет № 20

1. Перечислите виды промышленного оборудования для микробиологической ферментации.
2. Рассчитайте потребность в электроэнергии для ферментера 1000 л мощностью 5 кВт при 8 ч работы.

3. Спроектируйте энергоэффективную систему рекуперации тепла.

Билет № 21

1. Опишите этапы внедрения пилотной установки.
2. Составьте график запуск–старт–стоп для цикла продолжительностью 72 ч.
3. Разработайте процедуру сбора и анализа данных на пилотной линии.

Билет № 22

1. Охарактеризуйте принципы «зелёной» чистой технологии.
2. Рассчитайте снижение углеродного следа (CO_2 экв.) при переходе на биокатализ, если исходные выбросы 500 т/год, снижение 15 %.
3. Предложите комплекс мер для повышения устойчивости производства.

Билет № 23

1. Перечислите методы анализа качества конечного продукта.
2. Определите содержание белка в образце массой 2 г, если при реактиве Биурет поглощение 0,8 ед. соответствует 100 мг белка.
3. Сформулируйте методику валидации аналитического протокола.

Билет № 24

1. Охарактеризуйте требования GMP для производственных помещений.
2. Опишите схему зональности для лаборатории биоферментации.
3. Разработайте план аудита соответствия GMP.

Билет № 25

1. Назовите современные тенденции в биотехнологии продуктов питания.
2. Сравните два технологических маршрута получения протеинового концентрата по выходу (75 % vs 85 %) и времени (24 ч vs 18 ч).
3. Предложите инновационный маршрут с целевым выходом ≥ 90 %.

Билет № 26

1. Опишите роль командной работы в проектировании процессов.
2. Составьте структуру проектной группы из пяти человек с распределением функций.
3. Разработайте систему мотивации участников проекта.

Билет № 27

1. Перечислите ключевые показатели эффективности (KPI) для биотехнологического процесса.
2. Рассчитайте индекс эффективности (E) = (выход/время) для выхода 80 % за 20 ч.
3. Предложите дашборд из трёх KPI для еженедельного мониторинга.

Билет № 28

1. Охарактеризуйте особенности работы с клеточными культурами.
2. Опишите расчет объема среды для культивирования при стартовой плотности 10^6 кл/мл в объеме 2 л.
3. Сформулируйте протокол переноса культуры с сохранением жизнеспособности ≥ 95 %.

Билет № 29

1. Опишите принципы масштабирования геометрически подобного реактора.
2. Рассчитайте линейный масштаб при переходе с 10 л на 1000 л (по объёму).
3. Разработайте рекомендации по сохранению гидродинамики при масштабировании.

Билет № 30

1. Перечислите этапы защиты интеллектуальной собственности биотехнологического процесса.
2. Составьте календарный план подачи патентной заявки сроком 12 мес.
3. Предложите стратегию коммерциализации разработанного процесса.

Темы письменных работ (эссе, рефераты, курсовые работы и др.)

Темы рефератов по дисциплине «Проектирование инновационных биотехнологических процессов» для профиля «Биотехнология продуктов питания». Каждая тема рассчитана на глубокий литературный анализ, обоснование собственных выводов и при необходимости — элемент практического моделирования или расчётов.

1. Современные подходы к математическому моделированию биотехнологических процессов

– Обзор типов моделей (стационарные/нестационарные, CSTR, PFR и пр.) и их применение в проектировании пищевых биореакторов.

2. Принципы «зелёной» биотехнологии и циркулярная био-экономика в пищевой промышленности

– Рециклинг субстратов и побочных продуктов, оценка углеродного следа и энергоэффективных решений.

3. Проектирование биореакторов: от лабораторного образца до промышленного масштаба

– Ключевые критерии масштабирования, сохранение гидродинамики и массового переноса.

4. Интеграция цифровых технологий (Industry 4.0) в системы управления биопроцессами

– MES/SCADA-системы, IoT-датчики и создание цифровых дашбордов.

5. Методы стерилизации и контроля чистоты технологического оборудования

– Параметры циклов автоклавирования, валидация стерильности и альтернативные технологии.

6. Иммобилизация ферментов и её роль в производстве пищевых ингредиентов

– Выбор носителей, расчёт загрузки и оценка эффективности катализа.

7. Применение CRISPR/Cas-технологий для создания новых штаммов микроорганизмов в пищевой биотехнологии

– Стратегии редактирования, контроль off-target эффектов и нормативно-правовые аспекты.

8. Экономическая оценка биотехнологических проектов: расчёт CAPEX и OPEX

– Методы финансового моделирования и критерии инвестиционной привлекательности.

9. Регуляторные требования и стандарты качества при разработке пищевых биопрепаратов

– GMP, HACCP, требования к маркировке и документации.

10. Кейс-стади: внедрение процесса ферментации для получения растительного белка

– Технологическая схема, расчёт материальных балансов и технико-экономическое обоснование.

11. Управление рисками при проектировании и эксплуатации биотехнологических установок

– Идентификация рисков, матрица вероятностей и план реагирования.

12. Тренды и перспективы развития инновационных биотехнологий в пищевой индустрии

– Нанобиотехнологии, синтетическая биология, новые биокатализаторы и цифровые двойники процессов.