

**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.О.19 Промышленное производство биологически активных
веществ**

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
ОПК-4 Способен проектировать отдельные технические и технологических систем, технических объектов, технологических процессов биотехнологического производства на основе применения базовых инженерных и технологических знаний	ОПК-4.2 Проектирует отдельные элементы технических и технологических систем (ферментеры, теплообменники, системы фильтрации) и ключевые стадии биотехнологического производства пищевых продуктов (ферментация, сепарация, сушка) с учётом нормативных требований	знает базовые принципы устройства и расчёта ферментеров, теплообменников и фильтрационных систем, а также технологические и нормативные требования к стадиям ферментации, сепарации и сушки пищевых биологических активных веществ.
		умеет рассчитывать и проектировать ключевые элементы биотехнологических систем (ферментеры, теплообменники, фильтрационные модули) и оптимизировать основные стадии производства пищевых БАВ (ферментацию, сепарацию, сушку) в соответствии с действующими нормативами.
		владеет навыками навыками расчёта и проектирования ферментеров, теплообменников и систем фильтрации, а также разработки и оптимизации стадий ферментации, сепарации и сушки с учётом действующих нормативных требований.

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 биотехнологических систем			
1.1.	Введение в промышленную биотехнологию	6	ОПК-4.2	Устный опрос
1.2.	Проектирование ферментеров	6	ОПК-4.2	Устный опрос
1.3.	Теплообменные аппараты	6	ОПК-4.2	Устный опрос
1.4.	Системы фильтрации и мембраны	6	ОПК-4.2	Устный опрос
1.5.	Контрольная точка	6	ОПК-4.2	Коллоквиум

2.	2 раздел. Ключевые стадии биотехнологического производства			
2.1.	Ферментация: режимы и масштабирование	6	ОПК-4.2	Устный опрос
2.2.	Сепарация и очистка	6	ОПК-4.2	Устный опрос
2.3.	Сушка и стабилизация	6	ОПК-4.2	Устный опрос
2.4.	Интеграция downstream-операций	6	ОПК-4.2	Устный опрос
2.5.	Контрольная точка	6	ОПК-4.2	Коллоквиум
3.	3 раздел. Интеграция, экономика и проектная работа			
3.1.	Процессная интеграция и масштаб-ап	6	ОПК-4.2	Устный опрос
3.2.	Нормативно-правовое оформление и валидация	6	ОПК-4.2	Устный опрос
3.3.	Экономический и экологический анализ	6	ОПК-4.2	Устный опрос
3.4.	Проектно-исследовательская работа	6	ОПК-4.2	Устный опрос
3.5.	Контрольная точка	6	ОПК-4.2	Коллоквиум
4.	4 раздел. Экзамен			
4.1.	Экзамен	6	ОПК-4.2	
	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) "Промышленное производство биологически активных веществ"

Примерные оценочные материалы для текущего контроля успеваемости

Вопросы устного опроса:

Тема 1: Основы проектирования биотехнологических систем

1. Что понимается под биотехнологической системой?
2. Назовите основные принципы проектирования биотехнологических производств.
3. Какие этапы включает в себя процесс проектирования биотехнологического предприятия?
4. Что такое технико-экономическое обоснование проекта?
5. Какую роль играет выбор сырья при проектировании биотехнологического процесса?
6. В чем отличие проектирования лабораторной установки и промышленной установки?
7. Какие факторы учитываются при выборе местоположения биотехнологического предприятия?
8. Что включает состав проекта биотехнологической установки?
9. Какие нормативные документы регламентируют проектирование биотехнологических объектов в России?
10. Что такое блок-схема производственного процесса и какова её роль?
11. Какие требования предъявляются к санитарной и экологической безопасности при проектировании?
12. Что включает в себя технологическая часть проекта?
13. Что такое масштабирование биотехнологического процесса и зачем оно необходимо?
14. Как определяется потребность в оборудовании на стадии проектирования?
15. Каковы основные ошибки при проектировании биотехнологических систем и как их избежать?

Тема 2: Ключевые стадии биотехнологического производства

1. Какие стадии включает в себя типичный биотехнологический процесс?
2. Что представляет собой стадия подготовки питательной среды?

3. Какие особенности стерилизации в биотехнологическом производстве?
4. Что такое инокуляция и в чём её роль?
5. В чём отличие культивирования в периодической и непрерывной системах?
6. Что такое ферментация и какие бывают типы биореакторов?
7. Как осуществляется контроль параметров во время культивирования?
8. Каковы цели стадии выделения и очистки целевого продукта?
9. Назовите основные методы выделения биологически активных веществ.
10. Что такое стадия сушки и каковы её технологические варианты?
11. Какие параметры важны при стабилизации конечного продукта?
12. В чём особенности упаковки и хранения биотехнологической продукции?
13. Как осуществляется контроль качества на различных стадиях производства?
14. Что входит в понятие «вспомогательные операции» в биотехнологии?
15. Как взаимодействуют между собой стадии биотехнологического производства?

Тема 3: Интеграция, экономика и проектная работа: Промышленное производство биологически активных веществ

1. Что такое биологически активные вещества (БАВ) и как они классифицируются?
2. Какие существуют подходы к получению БАВ в пищевой биотехнологии?
3. Каковы особенности промышленного производства БАВ?
4. Что означает интеграция процессов в биотехнологическом производстве?
5. Как влияет интеграция на себестоимость продукции?
6. Какие основные статьи затрат при производстве БАВ?
7. Какие методы расчета экономической эффективности используются в биотехнологии?
8. Что включает в себя бизнес-план проекта по производству БАВ?
9. Какие факторы влияют на рентабельность биотехнологического производства?
10. Как организуется логистика сырья и продукции на предприятии?
11. Как осуществляется выбор оборудования для производства БАВ?
12. Что такое жизненный цикл биотехнологического продукта?
13. Какие риски характерны для проектов по производству БАВ и как ими управлять?
14. Как оценивается коммерческий потенциал новых БАВ?
15. В чём заключаются особенности проектной деятельности в рамках производств БАВ?

Коллоквиум 1

Темы:

- Введение в промышленную биотехнологию
- Проектирование ферментеров
- Теплообменные аппараты
- Системы фильтрации и мембраны
- Нормативы и стандарты (GMP, ISO, HACCP)

1. Теоретические вопросы

1. Охарактеризуйте основные режимы работы биореактора (batch, fed-batch, continuous).

2. Перечислите три ключевых стандарта GMP/ISO, применимых к пищевой биотехнологии, и кратко опишите их назначение.

3. Объясните, почему выбор материала теплопередающей поверхности теплообменника критичен для безопасности БАВ.

4. В чём разница между ультрафильтрацией и нанофильтрацией? Приведите пример применения каждой.

2. Практические задачи

1. Расчёт теплопередачи.

о Исходные данные: 200 л 8 %-ного раствора БАВ, нагрев с 20 °C до 65 °C за 4 мин, $c = 3,9 \text{ kJ}/(\text{kg} \cdot \text{K})$, $\rho = 1 \text{ kg}/\text{л}$, $U = 750 \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$.

о Задание: рассчитать требуемую площадь поверхности теплообменника.

2. Материальный баланс в ферментере.

о Исходные данные: подача питательной среды 150 л/ч, выход клеточной массы 2 g/l, концентрация субстрата на выходе 1 g/l.

о Задание: составить баланс субстрата и биомассы за 1 час работы в стационарном

режиме.

3. Короткое исследовательское задание

- Анализ стандарта. Выберите один из международных стандартов (GMP, ISO 22000 или HACCP), найдите и процитируйте два ключевых пункта, которые должны быть отражены в технологической спецификации линии БАВ. Опишите, как вы бы внедрили эти требования в лабораторный протокол. (до 200 слов)

Коллоквиум 2

Темы:

- Ферментация: режимы и масштабирование
- Сепарация и очистка (центрифугирование, хроматография)
- Сушка и стабилизация (лиофилизация, распылительная сушка)
- Интеграция downstream-операций

1. Теоретические вопросы

1. Объясните принципы масштабирования ферментации по геометрическому и кинетическому подобию.

2. Перечислите основные стадии центрифугирования и фактор, определяющий эффективность разделения.

3. Сравните плюсы и минусы лиофилизации и распылительной сушки для термолабильных БАВ.

4. Опишите ключевые шаги интеграции upstream и downstream, позволяющие минимизировать потери продукта.

2. Практические задачи

1. Расчёт k_L .

о Данные: объём 100 л, время насыщения DO от 0 до 80 % — 100 с, что соответствует k_L .

о Задание: рассчитать k_L (s^{-1}).

2. Проектирование линии очистки.

о Исходные данные: 150 л суспензии с продуктом, требуемая чистота 95 %, начальная концентрация БАВ 1 g/l.

о Задание: предложить последовательность стадий (центрифугирование + хроматография) с указанием объёмов и параметров (скорость ротора, тип носителя). (10 баллов)

3. Короткое исследовательское задание

- Кейс-стади: найдите в открытой литературе пример неудачного проекта downstream-линии (ферментация → сепарация → сушка). Опишите основные причины сбоев и предложите два способа их предотвращения. (до 250 слов)

Коллоквиум 3

Темы:

- Процессная интеграция и автоматизация
- Нормативно-правовое оформление и валидация
- Экономический и экологический анализ
- Проектно-исследовательская работа

1. Теоретические вопросы

1. Опишите основные функции SCADA-системы в управлении линией БАВ.

2. Перечислите три этапа валидации технологического процесса и их критерии.

3. Что включает в себя LCA-анализ для пищевых биопроцессов?

4. Назовите ключевые показатели эффективности (KPI) для экономической оценки проекта БАВ.

2. Практические задачи

1. NPV-анализ.

о Инвестиции: 2 млн €, срок эксплуатации 7 лет, ставка дисконтирования 10 %, ожидаемый годовой денежный поток 350 000 €.

о Задание: рассчитать NPV проекта.

2. Оптимизация энергопотребления.

о Данные: линия сушки потребляет 1 200 kW; установка теплоутилизации возвращает 50

% тепла.

о Задание: рассчитать новое потребление и определить экономию в $\text{kW}\cdot\text{h}$ за сутки при 24-часовом режиме.

3. Выступление-защита проекта

• Групповая презентация: подготовьте 5-минутную защиту проектного задания — разработка интегрированной линии БАВ (ферментер + downstream) с учётом нормативов и экономического обоснования. Оценка: полнота решения, обоснованность параметров, качество визуализации.

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

Экзаменационные вопросы

Билет 1

1. Охарактеризуйте основные типы биореакторов, используемых в пищевой биотехнологии.

2. Опишите процедуру расчёта материального баланса для стационарного режима ферментации.

3. Рассчитайте необходимую поверхность теплопередачи кожухотрубного теплообменника для пастеризации 500 л 10%-ного раствора БАВ при подаче на вход с $25\text{ }^\circ\text{C}$ до $72\text{ }^\circ\text{C}$ за 5 мин (удельная теплоёмкость раствора $3,8\text{ kJ/kg}\cdot\text{K}$, теплопередача $800\text{ W/m}^2\cdot\text{K}$, плотность 1 kg/l).

Билет 2

1. Назовите три ключевые стадии downstream-обработки пищевых БАВ и их назначение.

2. Опишите метод ультрафильтрации для концентрирования биопродукта из жидкой фазы.

3. Спроектируйте схему центрифугирования: рассчитайте время разделения для 100 л суспензии с плотностью клеток $1,05\text{ g/cm}^3$ на роторе радиуса $0,15\text{ м}$ при 3000 об/мин (коэффициент сепарации 1200).

Билет 3

1. Перечислите основные нормативы GMP и ISO, применимые к производству БАВ.

2. Опишите процедуру верификации и валидации нового мембранного модуля в линии очистки.

3. Для лиофилизатора с камерой объёмом 2 м^3 рассчитайте время сушки 20 кг продукта (начальная влажность 70% , целевая влажность 2%) при тепловой нагрузке $1,2\text{ kW}$ и теплопотерях $0,2\text{ kW}$.

Билет 4

1. Дайте определение «ферментативной активности» и единицы её измерения.

2. Опишите эксперимент по определению оптимальной pH среды для культивирования гриба *Aspergillus oryzae*.

3. Проведите расчёт оптимальной скорости аэрации (vvm) для 200 л культуры дрожжей (кислородная потребность $30\text{ mmol O}_2/\text{h}\cdot\text{l}$) при насыщении воздуха $8\text{ mmol O}_2/\text{l}$.

Билет 5

1. Что такое LCA (Life Cycle Assessment) и как оно применяется в биотехнологии?

2. Опишите порядок проведения оценки экономической эффективности линии экстракции БАВ.

3. Рассчитайте чистую приведённую стоимость (NPV) проекта производства БАВ: инвестиции $1,5\text{ млн €}$, срок 5 лет , ставка дисконтирования 8% , ежегодный денежный поток 400 000 € .

Билет 6

1. Назовите основные параметры стационарной и полунепрерывной ферментации.

2. Опишите методику контроля биомассы по оптической плотности при 600 нм .

3. Спланируйте эксперимент batch-ферментации 100 л *Lactobacillus plantarum*: задайте объём инокулята (5%), температуру $37\text{ }^\circ\text{C}$, время — до достижения $\text{OD}_{600} = 5$.

Билет 7

1. Что такое коэффициент передачи кислорода k_{La} и от чего он зависит?

2. Опишите способ определения k_{La} методом динамического насыщения.

3. Рассчитайте k_{La} , если время установления концентрации DO от 0 до 80% составляет 120 с , при объёме 50 л .

Билет 8

1. Перечислите основные методы детоксикации побочных продуктов ферментации.
2. Опишите схему экстракции БАВ органическим растворителем.
3. Для сепарации 200 л суспензии рассчитайте объём экстракта при коэффициенте распределения 1,8 и соотношении фаз 1:1.

Билет 9

1. Дайте определение «критические контрольные точки» (НАССР) и их роль.
2. Опишите разработку НАССР-плана для линии производства БАВ.
3. Составьте таблицу ССР для трёх стадий: ферментация, центрифугирование, сушка.

Билет 10

1. Что такое мембранный флюкс и как он влияет на производительность?
2. Опишите методику промывки мембран при обратном осмосе.
3. Рассчитайте ожидаемый флюкс ($l/m^2 \cdot h$) для UF-модуля площадью $0,5 m^2$ при давлении $2,5 bar$ и вязкости среды $1,2 mPa \cdot s$.

Билет 11

1. Перечислите типы расположения теплообменников в технологической схеме.
2. Опишите метод расчёта теплового баланса многосекционной сушилки.
3. Рассчитайте энергию, необходимую для распылительной сушки 50 л 10 % раствора БАВ (энтальпия испарения воды $2256 kJ/kg$).

Билет 12

1. Что такое стехиометрия процесса и зачем она нужна в биотехнологии?
2. Опишите расчёт поглощения субстрата по уровню углекислого газа в off-gas.
3. Для реакции $C_6H_{12}O_6 \rightarrow 2 C_2H_5OH + 2 CO_2$ рассчитайте потребление глюкозы для выхода 80 кг этанола.

Билет 13

1. Дайте определение «функциональный ингредиент» и его роль в пищевых БАВ.
2. Опишите процедуру стандартизации концентрата БАВ по активности.
3. Рассчитайте объём раствора-концентрата для дозы 500 mg активного вещества при концентрации 2 g/l.

Билет 14

1. Что такое гидродинамика реактора и какие потери вследствие неё учитываются?
2. Опишите эксперимент по оценке турбулентности в ферментере методом питчера.
3. Рассчитайте Reynolds число для потока среды в трубе диаметром 0,05 м при скорости 1 m/s (вязкость $1 mPa \cdot s$, плотность $1000 kg/m^3$).

Билет 15

1. Назовите основные виды сушки БАВ и их преимущества.
2. Опишите методику контроля остаточной влажности после сушки.
3. Рассчитайте время сушки на распылительной сушилке для 30 л суспензии с расходом воздуха $300 m^3/h$.

Билет 16

1. Что понимается под «контролем качества» в производстве БАВ?
2. Опишите процедуру отбора проб для контроля микробиологической чистоты.
3. Спроектируйте план отбора проб (10 проб по 100 мл) из разных точек линии: ферментер, выход центрифуги, приёмная ёмкость сушилки.

Билет 17

1. Определите термин «асептическая обработка» и её значение.
2. Опишите тепловую стерилизацию реактора: расчёт времени и температуры.
3. Для реактора 200 л рассчитайте время стерилизации при $121 \text{ }^\circ C$ (z -value = $10 \text{ }^\circ C$, $D_{121} = 2 \text{ min}$).

Билет 18

1. Что такое стабильность БАВ и какие факторы её определяют?
2. Опишите эксперимент по оценке срока годности лиофилизата.
3. Для образцов при хранении 6 мес при $4 \text{ }^\circ C$ и $25 \text{ }^\circ C$ рассчитайте скорость деградации, если активность упала с 100 % до 85 % и до 70 % соответственно.

Билет 19

1. Дайте определение «масштаб-ап» и его основные принципы.
2. Опишите методику перехода от лабораторного к пилотному объёму.

3. Рассчитайте фактор масштабирования для объема 2 л → 200 л по площади поверхности (геометрическое подобие).

Билет 20

1. Что понимается под «энергетической эффективностью» технологических установок?
2. Опишите подход к снижению энергозатрат при сушке БАВ.
3. Рассчитайте снижение энергопотребления, если теплоутилизация возвращает 60 % тепла в систему (начальное потребление 1000 kW).

Билет 21

1. Перечислите современные методы анализа БАВ в продуктах питания.
2. Опишите протокол HPLC-анализа концентрации БАВ.
3. Для колонки 4,6×150 mm, мобильная фаза 60:40 ацонитрил–вода, рассчитайте объем пробы для обнаружения 10 ppm при чувствительности 0,5 mAU.

Билет 22

1. Что такое «санитарный дизайн» оборудования и его ключевые требования?
2. Опишите процедуру CIP-мойки (clean-in-place) ферментера.
3. Спроектируйте цикл CIP для ферментера 100 л: 3 % NaOH — 20 min при 60 °C, промывка, 1 % H₃PO₄ — 15 min.

Билет 23

1. Дайте определение «асептической упаковки» и её особенности.
2. Опишите технологию асептической розлива БАВ в пластиковую тару.
3. Рассчитайте производительность линии 1000 бутылок/час при дозировке 50 ml/бутылку.

Билет 24

1. Что такое «биоразработки» и их значение в индустрии БАВ?
2. Опишите этапы отбора штаммов-продуцентов БАВ.
3. Спланируйте скрининг-эксперимент: 96 лунок, инокулят 5 µl, чтение OD после 24 ч.

Билет 25

1. Перечислите источники побочных продуктов ферментации и пути их утилизации.
2. Опишите схему комплементарной утилизации CO₂ из off-gas.
3. Рассчитайте объем биореактора для одновременной утилизации 10 mol CO₂/h при плотности культуры 1,2 kg/m³.

Билет 26

1. Дайте определение «технологической устойчивости» биопроцесса.
2. Опишите метод мониторинга параметров процесса в реальном времени.
3. Спроектируйте систему SCADA для линии ферментации с 5 параметрами: pH, T, DO, расход воздуха, скорость мешалки.

Билет 27

1. Что такое «анализ рисков» (FMEA) в биотехнологических процессах?
2. Опишите построение FMEA для стадии фильтрации.
3. Выполните FMEA-таблицу для трёх основных отказов UF-модуля: засорение, протечка, кавитация.

Билет 28

1. Определите термин «биосигнатура» и её применение.
2. Опишите методику детектирования биосигнатур в off-gas.
3. Рассчитайте концентрацию метана при выходе 50 ppm при расходе газа 100 l/min.

Билет 29

1. Что такое «цикл жизни продукта» (PLC) в контексте БАВ?
2. Опишите этапы PLC для пищевого БАВ от разработки до утилизации.
3. Постройте график распределения затрат по этапам PLC, если общие затраты 1 млн €, распределение: R&D – 30 %, производство – 50 %, маркетинг – 20 %.

Билет 30

1. Перечислите современные тренды цифровизации в пищевой биотехнологии.
2. Опишите применение машинного обучения для оптимизации режима ферментации.
3. Спроектируйте простую модель регрессии: независимые переменные pH, T, DO; зависимая — выход БАВ; данные — 50 образцов.

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

1. Проектирование ферментеров и биореакторов

Изучить современные подходы к гидродинамическому и тепловому моделированию ферментеров, их материалы и гигиенический дизайн в пищевой промышленности , .

2. Инновационные теплообменные аппараты в биопроцессах

Проанализировать типы и схемы теплообменников, используемые для пастеризации и регенерации энергии в пищевой биотехнологии .

3. Мембранные технологии очистки: ультрафильтрация и обратный осмос

Раскрыть принципы работы, конфигурации модулей и методы борьбы с загрязнением мембран при производстве БАВ .

4. Стратегии масштабирования upstream-операций

Описать методики перехода от лабораторных реакторов к пилотным и промышленным установкам с учётом геометрического и кинетического подобия .

5. Downstream-обработка: центрифугирование и хроматография

Исследовать отдельно процессы центрифугирования и хроматографии, их сочетание в линии очистки БАВ и влияние на выход и чистоту продукта .

6. Сушка биопродуктов: лиофилизация vs. распылительная сушка

Сравнить технологические и энергетические параметры обоих методов, оценить их влияние на стабильность БАВ .

7. Интеграция upstream- и downstream-операций

Проанализировать схемы интеграции стадий производства с точки зрения минимизации потерь продукта и энерго-/водопотребления .

8. Нормативное и регуляторное обеспечение производства БАВ

Рассмотреть требования GMP, ISO 22000 и HACCP для пищевой биотехнологии, включая примеры документального оформления .

9. Оценка экономической эффективности биопроцессов

Разработать модель расчёта себестоимости и NPV проекта производства БАВ, провести анализ чувствительности основных параметров .

10. Устойчивое развитие и LCA в пищевой биотехнологии

Исследовать применение методологии оценки жизненного цикла (LCA) для снижения экологического следа производства БАВ .

11. Цифровизация и автоматика в производстве БАВ

Описать современные SCADA/PLC-системы и подходы машинного обучения для оптимизации режимов ферментации .

12. Кейс-стади: разбор неудач и успехов промышленных биопроцессов

Провести анализ реальных примеров из литературы (например, провалы серийных запусков) и выработать рекомендации по их предотвращению .