Минобрнауки России

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования
«Оренбургский государственный университет имени В.А. Бондаренко»

Кафедра машин и процессов химических и биотехнологических производств

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА

ДИСЦИПЛИНЫ

«Б1.Д.В.6 Промышленная биотехнология»

Уровень высшего образования

БАКАЛАВРИАТ

Направление подготовки
19.03.01 Биотехнология
(код и наименование направления подготовки)

Промышленная биотехнология
(наименование направленности (профиля) образовательной программы)

Квалификация
Бакалавр

Форма обучения
Очная

Год набора 2026

Рабочая программа дисциплины «*Б1.Д.В.6 Промышленная биотехнология*» рассмотрена и утверждена на заседании кафедры

Кафедра машин и процессов химических и биотехнологических производств
наименование кафедры

протокол № 6 от "11" 03 2026 г.

Заведующий кафедрой
Кафедра машин и процессов химических и биотехнологических производств
А.В. Быков
наименование кафедры *подпись* *расшифровка подписи*

Исполнители:
Заведующий кафедрой МПХБП А.В. Быков
должность *подпись* *расшифровка подписи*

должность *подпись* *расшифровка подписи*

СОГЛАСОВАНО:
Председатель методической комиссии по направлению подготовки
19.03.01 Биотехнология А.В. Быков
код наименование *личная подпись* *расшифровка подписи*

Заведующий отделом формирования фонда и научной обработки документов
С.А. Биктимирова
личная подпись *расшифровка подписи*

Уполномоченный по качеству факультета
А.В. Берестова
личная подпись *расшифровка подписи*

№ регистрации 185194

© Быков А.В., 2026
© ОГУ, 2026

Цель дисциплины: формирование у студентов системы теоретических знаний и практических навыков в области микробиологических, ферментативных и клеточных процессов, используемых для промышленного получения биологически активных веществ, продуктов питания, кормовых добавок, биотоплива и других целевых продуктов.

Задачи дисциплины:

- изучить основные объекты промышленной биотехнологии (микроорганизмы, клетки растений и животных, ферменты);
- освоить принципы подбора и конструирования продуцентов;
- изучить технологические схемы основных биотехнологических производств;
- приобрести навыки расчёта и оптимизации биореакторов;
- ознакомиться с методами выделения и очистки целевых продуктов.

2 Место дисциплины в структуре образовательной программы

Дисциплина относится к обязательным дисциплинам (модулям) вариативной части блока Д «Дисциплины (модули)»

Пререквизиты дисциплины: *Б1.Д.Б.19 Химические основы биологических процессов, Б1.Д.Б.29 Пищевые биотехнологии, Б1.Д.Б.35 Микронутриентология, Б1.Д.В.7 Промышленная микробиология*

Постреквизиты дисциплины: *Б1.Д.Б.38 Технология ферментных препаратов, Б1.Д.В.3 Биотрансформация органических веществ*

3 Требования к результатам обучения по дисциплине

Процесс изучения дисциплины направлен на формирование следующих результатов обучения

Код и наименование формируемых компетенций	Код и наименование индикатора достижения компетенции	Планируемые результаты обучения по дисциплине, характеризующие этапы формирования компетенций
ПК*-1 Способен управлять качеством, безопасностью и прослеживаемостью производства биотехнологической продукции	ПК*-1-В-1 Контролирует технологические параметры, режимы и соблюдение правильной эксплуатации технологического оборудования при производстве биотехнологической продукции	**Знать:** Основные технологические параметры биотехнологических процессов (температура, pH, растворенный кислород (pO_2), скорость перемешивания (об/мин), расход воздуха/газа, давление в биореакторе, оптическая плотность (биомасса), концентрация субстрата и продукта). Типовые режимы культивирования (периодический, непрерывный, отъёмно-доливной Fed-batch) и их критические контрольные точки.

Код и наименование формируемых компетенций	Код и наименование индикатора достижения компетенции	Планируемые результаты обучения по дисциплине, характеризующие этапы формирования компетенций
		Устройство, принцип работы и правила эксплуатации основного технологического оборудования: ферментеров (биореакторов), систем аэрации и перемешивания, насосов дозирования, теплообменников, стерилизационных узлов. **Уметь:** Измерять и регистрировать в рабочем журнале ключевые параметры процесса (pH, t°C, pO_2, пенообразование, расход субстрата) с использованием штатных датчиков биореактора. Своевременно выявлять отклонения технологических параметров от заданных режимов (например, падение pO_2, резкое изменение pH, рост пены) и принимать меры по их нормализации. Проводить визуальный и инструментальный контроль состояния оборудования перед запуском, во время работы и после завершения цикла. **Владеть:** Навыками работы с контроллером (PLC) и SCADA-системой управления промышленным биореактором (задание уставок, просмотр трендов, регистрация аварий). Методиками калибровки и проверки сенсоров (pH-электроды, оксиметры,

Код и наименование формируемых компетенций	Код и наименование индикатора достижения компетенции	Планируемые результаты обучения по дисциплине, характеризующие этапы формирования компетенций
		термопары) в биотехнологическом оборудовании. Техникой проведения санитарной обработки (CIP) и стерилизации (SIP) оборудования без разборки.
ПК*-4 Способен организовывать ведение технологического процесса в рамках принятой на предприятии технологии производства биотехнологических продуктов	ПК*-4-В-2 Применяет способы организации производства и эффективной работы трудового коллектива на основе современных методов управления производством биотехнологической продукции	**Знать:** Организационную структуру биотехнологического производства (участки: подготовки сред, ферментации, выделения и очистки, контроля качества, упаковки, склада сырья и готовой продукции). Принципы поточного и серийного производства в биотехнологии, особенности организации непрерывных и периодических процессов. Современные методы управления производством, применимые в биотехнологии: Бережливое производство (Lean Manufacturing), Система 5С (сортировка, соблюдение порядка, содержание в чистоте, стандартизация, совершенствование), Всеобщее обслуживание оборудования (TPM), Управление качеством (TQM, ISO 9001, GMP). **Уметь:** Разрабатывать сменные и суточные задания для трудового коллектива (бригады ферментации, цеха очистки) с учётом производственной программы и сроков годности полупродуктов.

Код и наименование формируемых компетенций	Код и наименование индикатора достижения компетенции	Планируемые результаты обучения по дисциплине, характеризующие этапы формирования компетенций
		Распределять обязанности между членами коллектива (оператор биореактора, лаборант, технолог, инженер по КИПиА) в соответствии с их квалификацией и требованиями биобезопасности. Организовывать эффективное взаимодействие между смежными подразделениями (например, участок подготовки сред → участок ферментации → участок выделения → ОТК). Применять инструменты Lean-производства для выявления и устранения потерь в биотехнологическом процессе (лишние перемещения, ожидание, дефекты, избыточные запасы субстратов). **Владеть:** Навыками составления сменного графика работы (с учётом непрерывного цикла ферментации 24/7, график 2/2, 3/3 или 4/3). Методикой «быстрой переналадки» (SMED) применительно к биореакторам и мембранным установкам (сокращение времени между циклами ферментации). Способностью вести «доску задач» (канбан) в лаборатории или производственном цехе (визуализация текущих операций, проблем, ответственных). Техникой проведения

Код и наименование формируемых компетенций	Код и наименование индикатора достижения компетенции	Планируемые результаты обучения по дисциплине, характеризующие этапы формирования компетенций
		«5С» на биотехнологическом участке:
ПК*-5 Организует и координирует процессы промышленного производства биотехнологической продукции	ПК*-5-В-2 Планирует и формирует производственные задания, координирует организацию работы трудовых коллективов	**Знать:** Методологию производственного планирования в биотехнологии: Календарное планирование (сутки, неделя, месяц, квартал), Планирование загрузки биореакторов и оборудования очистки, Учёт длительности технологических стадий. **Уметь:** Составлять сменно-суточные задания для трудового коллектива с учётом технологического графика ферментации, Формировать недельный/месячный план загрузки биореакторов (каскадное планирование с учётом последовательных стадий выделения и очистки). Координировать работу смежных участков при переходе продукта от стадии к стадии: Ферментация → Центрифугирование/фильтрация → Экстракция → Хроматография → Сушка → Фасовка. **Владеть:** Навыками разработки сменного графика с учётом непрерывного цикла (24/7) и перекрытия операций (например, CIP одного биореактора во время работы другого). Методикой «выравнивания загрузки» (Heijunka) применительно к биотехнологическому производству для

Код и наименование формируемых компетенций	Код и наименование индикатора достижения компетенции	Планируемые результаты обучения по дисциплине, характеризующие этапы формирования компетенций
		сглаживания пиковых нагрузок на участки выделения и очистки. Техникой проведения быстрого перепланирования (replanning) при аварийной остановке биореактора (перераспределение инокулята, перенос графика CIP).
ПК*-6 Контролирует и оценивает эффективность процессов производства биотехнологической продукции	ПК*-6-В-2 Выявляет отклонения от плана в работе производства и их причины	**Знать:** Виды отклонений от плана в биотехнологическом производстве: технологические (отклонения параметров: pH, t°C, pO_2, перемешивание, давление), временные (сдвиг графика ферментации, простои, задержка анализов), качественные (низкий титр продукта, высокая контаминация, несоответствие спецификациям), количественные (недовыход продукта, перерасход сырья, субстратов, буферов), оборудования (отказы, снижение производительности, выход из строя датчиков), кадровые (нехватка персонала, ошибки операторов, нарушение инструкций). **Уметь:** Выявлять технологические отклонения по показаниям приборов и визуальным признакам: резкое падение pO_2 при неизменных оборотах мешалки → возможный

Код и наименование формируемых компетенций	Код и наименование индикатора достижения компетенции	Планируемые результаты обучения по дисциплине, характеризующие этапы формирования компетенций
		чрезмерный рост биомассы или сбой аэрации, нестабильность pH в стационарной фазе → возможное подкисление из-за накопления метаболитов или контаминация, повышенное пенообразование → нарушение состава среды или изменение свойств белка, изменение цвета культуральной жидкости → возможная контаминация или лизис клеток. **Владеть:** Техникой построения диаграммы Исикавы для многофакторного анализа (с возможным использованием на планёрке или при разборе несоответствия): человек: ошибка оператора, неверная калибровка метод: нарушение инструкции, неправильный отбор проб машина: отказ датчика, износ мембраны материал: некачественный субстрат, контаминация среды среда: изменение температуры в цехе, перепады давления воздуха измерение: дрейф pH-электрода, ошибка лаборанта

4 Структура и содержание дисциплины

4.1 Структура дисциплины

Общая трудоемкость дисциплины составляет 5 зачетных единиц (180 академических часов).

Вид работы	Трудоемкость, академических часов	
	7 семестр	всего
Общая трудоёмкость	**180**	**180**
Контактная работа:	**135,25**	**135,25**
Лекции (Л)	34	34
Практические занятия (ПЗ)	50	50
Лабораторные работы (ЛР)	50	50
Консультации	1	1
Промежуточная аттестация (зачет, экзамен)	0,25	0,25
Самостоятельная работа: *- выполнение индивидуального творческого задания (ИТЗ);* *- самоподготовка (проработка и повторение лекционного материала и материала учебников и учебных пособий;* *- изучение разделов курса в системе электронного обучения;* *- подготовка к лабораторным занятиям;* *- подготовка к практическим занятиям;* *- подготовка к коллоквиумам;* *- подготовка к рубежному контролю и т.п.)*	**44,75** +	**44,75**
Вид итогового контроля (зачет, экзамен, дифференцированный зачет)	**экзамен**	

Разделы дисциплины, изучаемые в 7 семестре

№ раздела	Наименование разделов	Количество часов				
		всего	аудиторная работа			внеауд. работа
			Л	ПЗ	ЛР	
1	Введение в промышленную биотехнологию	20	4	6	6	4
2	Объекты промышленной биотехнологии	22	4	6	6	6
3	Питательные среды для промышленного культивирования	22	4	6	6	6
4	Кинетика роста микроорганизмов и продуктообразования	22	4	6	6	6
5	Биореакторы: устройство и классификация	22	4	6	6	6
6	Режимы культивирования в биореакторах	24	6	6	6	6
7	Асептика и стерилизация в биотехнологии	22	4	6	6	6
8	Выделение и очистка биопродуктов	26	4	8	8	6
	Итого:	180	34	50	50	46
	Всего:	180	34	50	50	46

4.2 Содержание разделов дисциплины

Раздел 1. Введение в промышленную биотехнологию. Определение, предмет и задачи промышленной биотехнологии. История развития: от традиционных бродильных производств до современных биореакторов. Основные продукты промышленной биотехнологии (этанол, аминокислоты, антибиотики, ферменты, биополимеры, биотопливо). Место биотехнологии в экономике и технологическом суверенитете.

Раздел 2. Объекты промышленной биотехнологии. Микроорганизмы-продуценты: бактерии, дрожжи, грибы (примеры). Клеточные культуры растений и животных. Иммобилизованные клетки и ферменты. Скрининг, селекция и конструирование промышленных штаммов. Генно-инженерные продуценты (E. coli, P. pastoris, S. cerevisiae).

Раздел 3. Питательные среды для промышленного культивирования. Требования к промышленным питательным средам. Классификация сред: синтетические, комплексные, полусинтетические. Источники углерода, азота, фосфора, микроэлементов. Промышленные субстраты (меласса, гидролизаты, кукурузный экстракт, соевая мука). Стерилизация сред: термическая, фильтрующая, радиационная.

Раздел 4. Кинетика роста микроорганизмов и продуктообразования. Фазы роста микробной популяции (лаг, экспоненциальная, стационарная, отмирания). Удельная скорость роста (μ), время генерации (g). Модель Моно (зависимость μ от концентрации субстрата). Кинетика продуктообразования (связанный и несвязанный с ростом продукт). Понятие выхода продукта (Y p/s) и биомассы (Y x/s).

Раздел 5. Биореакторы: устройство и классификация. Классификация биореакторов (по режиму, способу перемешивания, аэрации). Биореактор с механическим перемешиванием (классическая конструкция). Барботажные и колонные биореакторы. Биореакторы с псевдоожиженным слоем и мембранные. Основные узлы: корпус, рубашка, мешалка, барботер, пеногаситель, система КИПиА.

Раздел 6. Режимы культивирования в биореакторах. Периодический (batch) режим: характеристика, график, достоинства и недостатки. Непрерывный режим (хемостат, турбидостат): принцип, область применения. Отъёмно-доливной (Fed-batch) режим: преимущества для промышленности. Критерии выбора режима культивирования. Материальный баланс биореактора.

Раздел 7. Асептика и стерилизация в биотехнологии. Понятие асептики. Источники контаминации. Стерилизация биореакторов (SIP – Sterilization in Place). Стерилизация питательных сред (периодическая и непрерывная). Стерилизация воздуха (глубинные и мембранные фильтры). Контроль стерильности (посевы, быстрые методы).

Раздел 8. Выделение и очистка биопродуктов. Стадии выделения: предварительная, основная, финишная очистка. Разрушение клеток (гомогенизация, ультразвук, ферментативный лизис). Методы разделения: центрифугирование, фильтрация (микро-, ультра-, нанофильтрация). Хроматографические методы: ионообменная, аффинная, гидрофобная. Концентрирование и сушка (лиофилизация, распылительная сушка).

4.3 Лабораторные работы

№ ЛР	№ раздела	Наименование лабораторных работ	Кол-во часов
1	1	Приготовление питательных сред и стерилизация	6
2	2	Приготовление агаризованных сред и посев микроорганизмов	6
3	3	Глубинное культивирование микроорганизмов (периодический режим)	6
4	4	Культивирование в лабораторном биореакторе (ферментере)	6
5	5	Спиртовое брожение – получение этанола	6
6	6	Получение лимонной кислоты (микробиологический синтез)	6
7	7	Иммобилизация дрожжевых клеток в альгинате кальция	6
8	8	Разделение биомассы и культуральной жидкости (фильтрация, центрифугирование)	8
		Итого:	50

4.4 Практические занятия (семинары)

№ занятия	№ раздела	Тема	Кол-во часов
1	1	Расчет материального баланса биореактора	6
2	2	Кинетические расчёты: удельная скорость роста, время генерации	6
3	3	Выбор режима культивирования: периодический, непрерывный	6
4	4	Разработка сменного задания	6
5	5	Внедрение Lean-инструментов (5С, Канбан) на биопроизводстве	6
6	6	Расчёт KPI и оценка эффективности смены	6
7	7	Анализ корневых причин (RCA): метод «5 почему» и диаграмма Исикавы	6
8	8	Разработка технологической схемы производства (мини-проект)	8
		Итого:	50

5 Учебно-методическое обеспечение дисциплины

5.1 Основная литература

- Омаров, Р. С. Основы пищевой биотехнологии: учебное пособие / Р. С. Омаров, С. Н. Шлыков. - Ставрополь: СтГАУ, 2024. - 88 с. - Текст: электронный // Лань: электронно-библиотечная система. - Режим доступа: URL: https://e.lanbook.com/book/462188

- Биотехнология молочных продуктов: учебное пособие / А. Н. Федосова, М. В. Каледина, Д. А. Литовкина [и др.]. - Белгород: БелГАУ им. В.Я.Горина, 2024. - 260 с. - Текст: электронный // Лань: электронно-библиотечная система. - Режим доступа: URL: https://e.lanbook.com/book/455363

- Стрельчик, Н. В. Научные основы микробного синтеза: учебное пособие / Н. В. Стрельчик. - Омск: Омский ГАУ, 2021. - 73 с. - ISBN 978-5-89764-931-0. - Текст: электронный // Лань: электронно-библиотечная система. — Режим доступа: URL:https://e.lanbook.com/book/197786

- Федосова, А. Н. Биотехнология молочных продуктов: учебное пособие / А. Н. Федосова, М. В. Каледина. - Белгород: БелГАУ им. В.Я.Горина, 2019. - 144 с. - Текст: электронный // Лань: электронно-библиотечная система. – Режим доступа: URL: https://e.lanbook.com/book/166517

- Голубцова, Ю. В. Биотехнология пищевого сырья и продуктов питания: учебное пособие / Ю. В. Голубцова, О. В. Кригер, А. Ю. Просеков. - Кемерово: КемГУ, 2017. - 111 с. - ISBN 979-5-89289-123-2. - Текст: электронный // Лань: электронно-библиотечная система. - Режим доступа: URL: https://e.lanbook.com/book/103935

- Рогов, И. А. Пищевая биотехнология [Текст]: в 4 кн.: учеб. для студентов вузов / И. А. Рогов, Л. В. Антипова, Г. П. Шуваева. - М.: КолосС, Кн. 1: Основы пищевой биотехнологии, 2004. - 440 с. - ISBN 5-9532-0104-4.

- Бирюков, В. В. Основы промышленной биотехнологии [Текст]: учеб. пособие для вузов / В. В. Бирюков. - Москва: КолосС, 2004. - 296 с. - ISBN 5-9532-0231-8. - ISBN 5-98109-008-1.

5.2 Дополнительная литература

- Рябичева, А. Е. Пищевая биотехнология: учебно-методическое пособие / А. Е. Рябичева, В. А. Стрельцов. - Брянск: Брянский ГАУ, 2022. - 53 с. - Текст: электронный // Лань: электронно-библиотечная система. - Режим доступа: URL: https://e.lanbook.com/book/304994

1) - Современные научные, технологические и социально-этические проблемы в биотехнологии: учебное пособие / Ж. А. Сапронова, С. В. Свергузова, Н. С. Лупандина, А. В. Святченко. - Белгород: БГТУ им. В.Г. Шухова, 2020. - 78 с. - Текст: электронный // Лань: электронно-библиотечная система. - Режим доступа: URL: https://e.lanbook.com/book/177606

2) - Пищевая биотехнология продуктов из сырья растительного происхождения: учебник / А. Ю. Просеков, О. А. Неверова, Г. Б. Пищиков, В. М. Позняковский. - 2-е изд., перераб. и доп. -

Кемерово: КемГУ, 2019. - 262 с. - Текст: электронный // Лань: электронно-библиотечная система. - Режим доступа: URL: https://e.lanbook.com/book/135193

- Биотехнология продуктов питания из сырья животного происхождения: учебное пособие / составитель П. С. Кобыляцкий. - Персиановский: Донской ГАУ, 2018. - 86 с. - Текст: электронный // Лань: электронно-библиотечная система. - Режим доступа: URL: https://e.lanbook.com/book/114989

- Биотехнология: учебное пособие/ составитель Е. Г. Федорчук. - Белгород: БелГАУ им. В. Я. Горина, 2014. - 201 с. - Текст: электронный // Лань: электронно-библиотечная система. - Режим доступа: URL: https://e.lanbook.com/book/123383

- Васильева, С. Б. Основные принципы переработки сырья растительного, животного, микробиологического происхождения и рыбы: учебное пособие: в 2 частях / С. Б. Васильева, Н. И. Давыденко, О. В. Жукова. - Кемерово: КемГУ, [б. г.]. - Часть 1: Переработка сырья животного происхождения и рыбы, 2008. - 104 с. - ISBN 978-5-89289-521-7. - Текст: электронный // Лань: электронно-библиотечная система. – Режим лоступа: URL: https://e.lanbook.com/book/4610

- Клунова, С. М. Биотехнология [Текст]: учебник для студентов высших учебных заведений, обучающихся по специальности "Биология" / С. М. Клунова, Т. А. Егорова, Е. А. Живухина. - Москва: Академия, 2010. - 256 с. - ISBN 978-5-7695-6697-4.

– Егорова, Т. А. Основы биотехнологии [Текст]: учебное пособие для вузов / Т. А. Егорова, С. М. Клунова, Е. А. Живухина. -3-е изд., стер. – М: Академия, 2006. – 208 с. – ISBN 5- 7695-2808-7

– Матвеева, И. В. Биотехнологические основы приготовления хлеба [Текст]: учебное пособие / И. В. Матвеева, И. Г. Белявская. – М.: ДеЛи принт, 2001. - 150 с – ISBN 5-94343-011-5

5.3 Периодические издания

- Достижения науки и техники АПК: журнал. - М.: Агентство "Роспечать".
- Мясная индустрия: журнал. - М.: Агентство "Роспечать".
- Хлебопродукты: журнал. - М.: Агентство "Роспечать".

5.4 Интернет-ресурсы

- https://biblioclub.ru/ - Электронно-библиотечная система Университетская библиотека ONLINE. Ресурс содержит учебники и учебные пособия, монографии, периодические издания, справочники, словари, энциклопедии, видео- и аудиоматериалы. Каталог систематически пополняется новой актуальной литературой.

- https://propionix.ru/biotekhnologiya - На сайте представлен курс биотехнологии для получения различных продуктов.

- http://cbio.ru/ - Интернет-журнал «Коммерческая биотехнология», содействующий развитию и коммерциализации российской биотехнологии.

- https://biorosinfo.ru/ - Общество биотехнологов России участвует в работе национальных технологических платформ в рамках сотрудничества Россия–ЕС.

5.5 «Программное обеспечение, профессиональные базы данных и информационные справочные системы современных информационных технологий» рабочих программ учебных дисциплин

1 Операционная система РЕД ОС.

2 Пакет офисных приложений «МойОфис Образование»

3 Для работы с ресурсами Интернет - веб-браузер Яндекс https://yandex.ru/..

4 ГАРАНТ Платформа F1 [Электронный ресурс]: справочно-правовая система. / Разработчик ООО НПП «ГАРАНТ-Сервис», 119992, Москва, Воробьевы горы, МГУ, [1990–2026]. – Режим доступа в сети ОГУ http://garant.net.osu.ru.

5 Автоматизированная интерактивная система сетевого тестирования – АИССТ (зарегистрирована в РОСПАТЕНТ, Свидетельство регистрации программы для ЭВМ №2011610456, правообладатель – Оренбургский государственный университет), режим доступа - http://aist.osu.ru.

6 Материально-техническое обеспечение дисциплины

Учебные аудитории для проведения занятий лекционного типа, семинарского типа, для проведения групповых и индивидуальных консультаций, текущего контроля и промежуточной аттестации.

Аудитории оснащены комплектами ученической мебели, техническими средствами обучения, служащими для представления учебной информации большой аудитории.

Для проведения лабораторных занятий предназначена учебная аудитория, оснащенная необходимыми для выполнения работ оборудованием, химическими реактивами, посудой и материалами согласно используемым методикам анализа.

Помещение для самостоятельной работы обучающихся оснащены компьютерной техникой, подключенной к сети "Интернет", и обеспечением доступа в электронную информационно-образовательную среду ОГУ.