

24-94

НА ДОКУМЕНТ НЕ ВЫДАЕТСЯ

# БИОТЕХНОЛОГИЯ

НАУЧНЫЕ ОСНОВЫ ИНЖЕНЕРНОГО  
ОФОРМЛЕНИЯ БИОТЕХНОЛОГИЙ

45000-42  
24-00094



РОССИЙСКИЙ НАУЧНО-ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ  
ПРОТИВОЧУМНЫЙ ИНСТИТУТ «МИКРОБ»  
РОСПОТРЕБНАДЗОРА

САРАТОВСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ  
ГЕНЕТИКИ, БИОТЕХНОЛОГИИ И  
ИНЖЕНЕРИИ ИМЕНИ Н.И. ВАВИЛОВА

ФЕДЕРАЛЬНЫЙ ЦЕНТР ТОКСИКОЛОГИЧЕСКОЙ,  
РАДИАЦИОННОЙ И БИОЛОГИЧЕСКОЙ БЕЗОПАСНОСТИ

## БИОТЕХНОЛОГИЯ. НАУЧНЫЕ ОСНОВЫ ИНЖЕНЕРНОГО ОФОРМЛЕНИЯ БИОТЕХНОЛОГИЙ

Рекомендовано Ученым Советом факультета ветеринарной медицины, пищевых и биотехнологий Саратовского университета генетики, биотехнологии и инженерии имени Н.И. Вавилова в качестве учебного пособия для аспирантов, обучающихся по программе послевузовского профессионального образования «Биотехнология»

Протокол № 3 от 30 августа 2023г.

УДК 663.18

ББК 30.16

Б64

Рецензенты:

доктор медицинских наук, профессор  
профессор кафедры медицинской физики  
ФГБОУ ВО

«Саратовский национальный исследовательский государственный университет  
имени Н.Г. Чернышевского»

*В.А. Федорова*

кандидат биологических наук

заведующая отделом биологического и технологического контроля  
ФКУН

Российский противочумный институт «Микроб» Роспотребнадзора  
*О.А. Лобовикова*

Никифоров А.К., Комиссаров А.В., Абрамова Е.Г., Волох О.А.,  
Овчинникова М.В., Ларионова О.С., Древки Я.Б., Евстифеев В.В.  
Биотехнология. Научные основы инженерного оформления  
биотехнологий: Учебное пособие. – Саратов: КУБиК, 2024. – 266 с.

ISBN 978-5-91818-951-1

В данном учебном пособии рассматриваются научные основы процессов стерилизации технологических потоков и оборудования, основные понятия материального и энергетического балансов процесса биосинтеза, рассматривается оборудование для биотехнологических процессов выделения, концентрирования и очистки продуктов биосинтеза с целью получения готовых товарных форм препаратов. Дано представление о принципах регулирования, контроля и автоматического управления процессами биосинтеза, а также основах моделирования биореакторов.

Учебное пособие предназначено для аспирантов, обучающихся по программе послевузовского профессионального образования «Биотехнология».

© ФКУН Российский противочумный институт «Микроб»  
Роспотребнадзора, 2024.

© ФГБОУ ВО Вавиловский университет, 2024.

© ФГБНУ Федеральный центр токсикологической,  
радиационной и биологической безопасности, 2024.

© Никифоров А.К., Комиссаров А.В., Абрамова Е.Г.,  
Овчинникова М.В., Волох О.А., Ларионова О.С.,  
Древки Я.Б., Евстифеев В.В.

ISBN 978-5-91818-951-1

## ОГЛАВЛЕНИЕ

<b>Введение</b>	5
<b>Глава 1. Стерилизация технологических потоков и оборудования</b>	8
1.1. Классификация производств биосинтеза по отношению к контаминации	8
1.2. Возможные пути проникновения посторонней микрофлоры в биореактор. Асептическое культивирование	12
1.3. Методы отделения и деструкции контаминантов, их сравнительный анализ. Способы стерилизации жидкостей, твердых субстратов и воздуха. Термическая стерилизация	14
1.4. Критерии стерилизации, их расчет для изотермического, непрерывного и нестационарных условий	28
<b>Глава 2. Материальный и энергетический балансы процесса биосинтеза</b>	37
2.1. Стехиометрия микробиологического синтеза. Методы расчета стехиометрических коэффициентов и составление материального баланса стадии биосинтеза	37
2.2. Классификация процессов биосинтеза	49
2.3. Потребление кислорода микроорганизмами. Массопередача кислорода от воздуха к клеткам. Концентрационные «ямы». Массопередача углекислого газа. Массообменные характеристики ферментационного оборудования	53
2.4. Пенообразование и пеногашение. Перемешивание при ферментации и его виды	60
2.5. Массообменный и тепловой расчеты биореакторов: по областям применения, по условиям проведения процессов биосинтеза	82
2.6. Классификация биореакторов по способу ввода энергии: аппараты с механическим перемешиванием, барботажный, эрлифтный	102
<b>Глава 3. Основы моделирования биореакторов</b>	115
3.1. Этапы моделирования. Параметры моделирования и их сопоставление. Моделирование по вводимой удельной энергии, по интенсивности массопереноса кислорода	115
3.2. Исследование и разработка принципов и алгоритмов оптимального компьютерного проектирования биотехнологических систем	124
<b>Глава 4. Описание основного оборудования для выделения, концентрирования и очистки продуктов биосинтеза с целью получения готовых товарных форм препаратов</b>	135
4.1. Оборудование для разделения микробных суспензий, жид-	

кой и твердой фазы	135
4.2. Оборудование для концентрирования культуральных жидкостей и нативных растворов вакуум-выпариванием	146
4.3. Оборудование для проведения процессов осаждения	152
4.4. Оборудование для проведения процессов экстракции из твердой фазы и органическим растворителем	154
4.5. Оборудование для баромембранного разделения и очистки продуктов биосинтеза и воздуха	159
4.5.1. Общие сведения об оборудовании для баромембранного разделения и очистки продуктов биосинтеза и воздуха	159
4.5.2. Использование оборудования для баромембранного разделения и очистки продуктов биосинтеза в институте «Микроб»	171
4.6. Оборудование для хроматографического концентрирования и разделения компонентов нативного раствора	181
4.7. Оборудование для сушки биотехнологической продукции	203
4.7.1. Общие сведения об оборудовании для сушки биотехнологической продукции	203
4.7.2. Использование оборудования для сушки биотехнологической продукции в институте «Микроб»	212
4.8. Оборудование для очистки газо-воздушных выбросов и сточных вод	219
4.8.1. Общие сведения об оборудовании для очистки газо-воздушных выбросов и сточных вод	219
4.8.1.1. Очистка вентиляционного и технологического воздуха	219
4.8.1.2. Обработка жидких отходов	235
4.8.1.3. Биохимическая очистка сточных вод	240
4.8.2. Использование оборудования для очистки газо-воздушных выбросов в институте «Микроб»	247
<b>Глава 5. Принципы регулирования, контроля и автоматического управления процессами биосинтеза</b>	<b>252</b>
5.1. Создание и эксплуатация приборов, систем измерения физико-химических, физиологических и биофизических параметров	252
5.2. Компьютеризированные технологические комплексы	256
<b>Заключение</b>	<b>261</b>