

УЧЕБНИК ДЛЯ ВЫСШЕЙ ШКОЛЫ

# ПРИКЛАДНАЯ ЭКОБИОТЕХНОЛОГИЯ

В ДВУХ ТОМАХ

1

3-е издание (электронное)

Допущено  
Учебно-методическим объединением  
по образованию в области  
химической технологии и биотехнологии  
в качестве учебного пособия для студентов,  
обучающихся по специальности  
«Биотехнология»



Москва  
БИНОМ. Лаборатория знаний  
2015

УДК 504.06+574+663.1  
ББК 30.16:20.1я73  
П75

*Серия основана в 2009 г.*

Авторский коллектив:

А. Е. Кузнецов, Н. Б. Градова, С. В. Лушников, М. Энгельхарт,  
Т. Вайссер, М. В. Чеботаева

П75 **Прикладная** экобиотехнология [Электронный ресурс] : учебное пособие : в 2 т. Т. 1 / А. Е. Кузнецов [и др.] — 3-е изд. (эл.). — Электрон. текстовые дан. (1 файл pdf : 672 с.). — М. : БИНОМ. Лаборатория знаний, 2015. — (Учебник для высшей школы). — Систем. требования: Adobe Reader XI ; экран 10".

ISBN 978-5-9963-2626-6 (Т. 1)

ISBN 978-5-9963-2631-0

В учебном пособии, написанном опытными преподавателями, известными учеными и технологами из России и Германии, систематизирован и обобщен материал по биологическим, инженерным, эколого-экономическим основам, практическим методам и способам реализации современной биотехнологии для решения задач охраны окружающей среды. В томе 1 рассмотрены методы биологической очистки загрязненных вод, дезодорации газовоздушных выбросов, переработки органических отходов (в том числе полимерных материалов) и ремедиации почв.

Для студентов, преподавателей вузов, аспирантов, научных работников, инженеров-технологов и других специалистов по биотехнологии, решающих задачи охраны окружающей среды и рационального использования природных ресурсов.

УДК 504.06+574+663.1

ББК 30.16:20.1я73

**Деривативное электронное издание на основе печатного аналога:** Прикладная экобиотехнология : учебное пособие : в 2 т. Т. 1 / А. Е. Кузнецов [и др.]. — 2-е изд. — М. : БИНОМ. Лаборатория знаний, 2012. — 629 с. : ил., [4] с. цв. вкл. — (Учебник для высшей школы). — ISBN 978-5-9963-0778-4 (Т. 1); ISBN 978-5-9963-0777-7.

**В соответствии со ст. 1299 и 1301 ГК РФ при устранении ограничений, установленных техническими средствами защиты авторских прав, правообладатель вправе требовать от нарушителя возмещения убытков или выплаты компенсации**

ISBN 978-5-9963-2626-6 (Т. 1)

ISBN 978-5-9963-2631-0

© БИНОМ. Лаборатория знаний, 2010

# ОГЛАВЛЕНИЕ

<b>Предисловие</b> .....	3
<b>Введение</b> .....	5
<b>Глава 1. Биологическая очистка сточных вод</b> .....	13
1.1. Сточные воды как объекты очистки .....	13
1.1.1. Цель и нормативы очистки сточных вод .....	13
1.1.2. Основные показатели загрязненности сточных вод .....	15
1.1.3. Особенности сточных вод различного происхождения .....	29
1.2. Общие принципы очистки сточных вод .....	34
1.3. Биологические методы очистки сточных вод .....	48
1.3.1. Классификация методов биологической очистки .....	48
1.3.2. Показатели работы очистных сооружений и их сравнение .....	52
1.4. Аэробная биологическая очистка .....	56
1.4.1. Биоценозы сооружений аэробной очистки .....	56
1.4.1.1. Активный ил .....	57
1.4.1.2. Биопленки и биообращения .....	63
1.4.1.3. Показатели состояния активного ила и биопленок .....	69
1.4.2. Основные биохимические процессы при аэробной очистке .....	73
1.4.3. Очистка с использованием естественных методов .....	76
1.4.4. Очистка с активным илом .....	79
1.4.4.1. Очистка в аэротенках .....	79
1.4.4.2. Очистка в модифицированных сооружениях .....	104
1.4.5. Очистка с биопленкой .....	115
1.4.5.1. Очистка на биофильтрах .....	115
1.4.5.2. Очистка в погружных и комбинированных сооружениях .....	123
1.4.6. Пути совершенствования систем аэробной очистки ..	137
1.5. Анаэробная биологическая очистка .....	149
1.5.1. Биоценозы и биохимические процессы при анаэробной очистке .....	149
1.5.2. Очистка в сооружениях традиционной конструкции .....	173
1.5.3. Анаэробные реакторы нового поколения .....	173
1.6. Технологические схемы многостадийной биологической очистки сточных вод .....	193

1.7.	Удаление биогенных элементов из сточных вод .....	204
1.7.1.	Биологическое удаление азота .....	206
1.7.1.1.	Влияние условий очистки на удаление азота .....	206
1.7.1.2.	Методы и технологии удаления азота .....	216
1.7.2.	Биологическое удаление фосфора .....	231
1.7.3.	Биологическое удаление серы .....	237
1.8.	Обезвоживание осадков очистных сооружений .....	239
1.9.	Малые установки для локальных очистных сооружений .....	258
<b>Глава 2.</b>	<b>Биологическая очистка и дезодорация газовойоздушных выбросов .....</b>	<b>281</b>
<b>Глава 3.</b>	<b>Переработка органических отходов .....</b>	<b>294</b>
3.1.	Общая характеристика отходов .....	294
3.2.	Микробиологическая переработка органических отходов .....	318
3.2.1.	Обогащение кормовым белком .....	318
3.2.1.1.	Технологические особенности микробиологической конверсии в кормовой белок .....	324
3.2.1.2.	Выделение и концентрирование биомассы и белковых веществ .....	342
3.2.1.3.	Технико-химический контроль и обеспечение качества продукции .....	347
3.2.1.4.	Принципы организации малоотходного производства .....	350
3.2.1.5.	Особенности переработки в кормовые продукты некоторых отходов .....	353
3.2.2.	Силосование .....	368
3.2.3.	Компостирование .....	375
3.2.4.	Аэробная стабилизация .....	387
3.2.5.	Анаэробное сбраживание и метаногенерация .....	388
3.2.6.	Биоконверсия в тепловую энергию и топливо .....	393
3.2.7.	Биоудобрения и биоинтенсивное земледелие .....	411
3.2.8.	Биодеструкция растительных полимеров и материалов .....	424
3.2.9.	Биодеградация синтетических полимерных материалов и использование биодеградируемых пластиков .....	430
3.2.10.	Складирование и захоронение твердых отходов .....	444
3.3.	Вермикюльтивирование и вермикюмпостирирование .....	451
3.3.1.	Особенности дождевых червей как биологических объектов культивирования .....	452
3.3.2.	Свойства продуктов и применение вермикюльтивирования и вермикюмпостирирования .....	456
3.3.3.	Технологические основы вермикюльтивирования и вермикюмпостирирования .....	463

Глава 4. Биоремедиация почв .....	472
4.1. Основные факторы, влияющие на выбор способов ремедиации почв .....	472
4.2. Классификация методов и технологий ремедиации .....	481
4.3. Небиологические методы и технологии ремедиации .....	483
4.3.1. Методы <i>ex situ</i> и <i>on site</i> .....	483
4.3.1.1. Извлечение и захоронение .....	483
4.3.1.2. Фиксирование и стабилизация .....	484
4.3.1.3. Фракционирование .....	486
4.3.1.4. Извлечение загрязнений .....	487
4.3.1.5. Термообработка .....	491
4.3.1.6. Деструктивная очистка .....	493
4.3.2. Методы <i>in situ</i> .....	499
4.3.2.1. Локализация загрязнения .....	500
4.3.2.2. Промывка и отдувка .....	511
4.3.2.3. Термообработка .....	517
4.3.2.4. Барьеры .....	521
4.3.2.5. Деструктивная очистка .....	527
4.3.2.6. Электрокинетическая обработка .....	528
4.4. Биологические и комбинированные методы .....	529
4.4.1. Самоочищение (природное истощение) .....	530
4.4.2. Биостимулирование <i>in situ</i> .....	532
4.4.3. Биоаугментация .....	545
4.4.4. Биоконцентрирование и локализация .....	548
4.4.5. Биомобилизация и биовыщелачивание .....	551
4.4.6. Реакционно-активные биобарьеры .....	552
4.4.7. Обработка в штабелях, буртах, насыпях, компостированием .....	554
4.4.8. Обработка в биореакторах .....	557
4.4.9. Комбинированные и гибридные процессы .....	560
4.5. Специализированные биопрепараты .....	562
4.5.1. Биопрепараты и их получение .....	562
4.5.2. Биопрепараты для ликвидации загрязнений .....	567
4.5.3. Биопрепараты для рекультивации территорий и восстановления плодородия почв .....	587
4.6. Сравнение методов ремедиации .....	597
4.7. Практические работы и затраты при проведении биоремедиации .....	604
4.7.1. Основные этапы биоремедиационных работ .....	605
4.7.2. Мониторинг .....	613
4.7.3. Затраты на ремедиационные мероприятия .....	616
<b>Сокращения</b> .....	621
<b>Предметный указатель</b> .....	626