

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. Пушников, М. Энгельхарт,
Т. Вайссер, М. В. Чеботаева

Прикладная экобиотехнология : учебное пособие : в 2 т.
П75 Т. 1 / А.Е.Кузнецов [и др.]. -2-е изд.-М. : БИНОМ. Лабо-
ратория 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 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 газозвдушных 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

По вопросам приобретения обращаться:

«БИНОМ. Лаборатория знаний»

Телефон: (499)157-5272

e-mail: binom@Lbz.ru, <http://www.Lbz.ru>

ISBN 978-5-9963-0778-4 (Т. 1)

ISBN 978-5-9963-0777-7

© БИНОМ. Лаборатория знаний,
2010

ОГЛАВЛЕНИЕ

Предисловие	3
Введение	5
Глава 1. Биологическая очистка сточных вод	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 биообрастания.....	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 на полях фильтрации и орошения.....	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

Глава 2. Биологическая очистка и дезодорация газоздушных выбросов.....	281
---	------------

Глава 3. Переработка органических отходов.....	294
---	------------

3.1. Общая характеристика отходов.....	294
3.2. Микробиологическая переработка органических отходов.....	318
3.2.1. Обогащение микробным 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. Техничко-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 биодegradируемых пластиков.....	430
3.2.10. Складирование и захоронение твердых отходов.....	444
3.3. Вермикультивирование и вермикомпостирование.....	451
3.3.1. Особенности дождевых червей как биологических объектов культивирования.....	452
3.3.2. Свойства продуктов и применение вермикультивирования и вермикомпостирования... ..	456
3.3.3. Технологические основы вермикультивирования и вермикомпостирования.....	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
Сокращения.....	621

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. Чебогаева

Прикладная экобиотехнология : учебное пособие : в 2 т.
П75 Т. 2 / А.Е.Кузнецов [и др.].-2-е изд.-М. : БИНОМ. Лаборатория знаний, 2012,—485 с. : ил., [4] с. цв. вкл. — (Учебник для высшей школы).

ISBN 978-5-9963-0779-1 (Т. 2)

ISBN 978-5-9963-0777-7

В учебном пособии, написанном опытными преподавателями, известными учеными и технологами из России и Германии, систематизирован и обобщен материал по биологическим, инженерным, жолого-экономическим основам, практическим методам и способам реализации современной биотехнологии для решения задач охраны окружающей среды. В томе 2 рассмотрены методы очистки водоемов и водохранилищ с применением растений и водорослей, удаления нефтезагрязнений и тяжелых металлов. биомониторинг и биоиндикация, а также жолого-экономические и нормативно-законодательные основы природоохранной деятельности.

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

По вопросам приобретения обращаться:
«БИНОМ. Лаборатория знаний»
Телефон: (499) 157-5272
e-mail: binonKffiLbz.ru, <http://www.Lbz.ru>

ISBN 978-5-9963-0779-1 (Т. 2)
ISBN 978-5-9963-0777-7

© БИНОМ. Лаборатория знаний.
2010

ОГЛАВЛЕНИЕ

Глава 5. Использование растений и водорослей для очистки загрязненных вод и почв	3
5.1. Особенности накопления и трансформации загрязнений растениями и водорослями.....	3
5.2. Методы очистки и обезвреживания загрязненных сред с использованием водорослей и растений.....	11
5.3. Биопруды и гидрботанические площадки.....	14
5.3.1. Биопруды.....	14
5.3.2. Гидрботанические площадки.....	18
5.3.3. Водоросли и растения-макрофиты биопрудов и гидрботанических площадок.....	23
5.4. Фиторемедиация.....	28
5.4.1. Фитоэкстракция.....	28
5.4.2. Фитотрансформация, фитодеградация, фитоиспарение.....	35
5.4.3. Ризосферная биоремедиация.....	39
5.4.4. Фитостабилизация.....	42
5.4.5. Фитозаградительные барьеры.....	43
5.4.6. Изолирующий растительный покров.....	45
5.4.7. Ризофльтрация.....	46
5.4.8. Поля орошения.....	48
5.4.9. Выбор и пути совершенствования фитометодов очистки природных сред.....	52
5.4.10. Содержание практических работ при проведении фиторемедиации.....	58
5.4.11. Затраты на фиторемедиацию.....	58
Глава 6. Восстановление озерных экосистем	60
6.1. Антропогенное нарушение озерных экосистем.....	60
6.2. Методы восстановления экосистем озер и водохранилищ ...	66
6.2.1. Предотвращение эвтрофикации ...	68
6.2.2. Борьба с заилением и зарастанием макрофитами и водорослями.....	72
6.2.3. Борьба с загрязнением органическими ксенобиотиками и тяжелыми металлами.....	78
6.2.4. Восстановление закисленных озер.....	80
6.2.5. Устранение теплового загрязнения.....	81
6.2.6. Восстановление обмелевших и ранее спущенных озер... ..	82
6.2.7. Снижение негативного влияния рекреации.....	82
6.3. Содержание практических работ при восстановлении озерных экосистем.....	83

Глава 7. Очистка загрязненных сред от нефти и нефтепродуктов	88
7.1. Состав нефти и нефтепродуктов.....	88
7.2. Особенности воздействия нефти и нефтепродуктов на природные среды.....	93
7.3. Особенности и условия трансформации нефти и нефтепродуктов в водных и почвенных средах.....	96
7.4. Способы очистки от загрязнения нефтью и нефтепродуктами.....	105
7.5. Проведение ремедиационных и рекультивационных работ при загрязнении поверхности водоемов и почв.....	111
7.6. Особенности проведения очистных работ при загрязнении подземных горизонтов и грунтовых вод.....	135
Глава 8. Биологическое удаление тяжелых металлов и радионуклидов	140
8.1. Тяжелые металлы и радионуклиды как приоритетные загрязнения.....	140
8.2. Очистка водных сред.....	142
8.3. Очистка почвенных сред и твердых отходов.....	157
Глава 9. Биоповреждения и биокоррозия	171
9.1. Определение и классификация биоповреждений.....	171
9.2. Микробиологическая коррозия и повреждение материалов.....	173
9.2.1. Коррозия металлических изделий.....	177
9.2.2. Коррозия зданий и строительных материалов.....	186
9.2.3. Повреждение полимерных материалов.....	189
9.2.4. Повреждение микроорганизмами других материалов.....	191
9.3. Защита материалов от биоповреждений.....	193
Глава 10. Мониторинг окружающей среды, биотестирование и биоиндикация	200
10.1. Мониторинг.....	200
10.2. Биотестирование и биоиндикация.....	204
10.2.1. Химические тест-методы.....	205
10.2.2. Методы биотестирования и биоиндикации.....	206
10.3. Особенности биоиндикации в природных средах.....	225
10.3.1. Биоиндикация в воздухе.....	226
10.3.2. Биоиндикация водных экосистем.....	228
10.3.3. Биоиндикация загрязнения почвы.....	231
Глава 11. Токсикологическое и экологическое нормирование	236
11.1. Цели, задачи и основные принципы.....	236
11.2. Методология санитарно-гигиенического нормирования.....	240

11.3.	Особенности нормирования загрязнения природных сред	244
11.3.1.	Нормирование загрязняющих веществ в воздухе	244
11.3.2.	Нормирование загрязняющих веществ в водных объектах	247
11.3.3.	Нормирование загрязняющих веществ в почве	250
11.4.	Расчеты ПДВ и ПДС	257
11.5.	Особенности экологического нормирования	258
11.6.	Биобезопасность, особенности получения разрешений на использование и нормирование воздействия компонентов биотехнологических производств и биопрепаратов	263

Глава 12. Законодательные и эколого-экономические механизмы реализации природоохранных технологий 275

12.1.	Природоохранное законодательство в России	275
12.2.	Механизмы реализации природоохранной деятельности	277
12.2.1.	Административно-правовые механизмы	278
12.2.2.	Экономические механизмы	283
12.2.3.	Организационно-управленческие средства	291
12.3.	Оценка качества окружающей среды, ОВОС и оценка риска	305
12.3.1.	Оценка качества окружающей среды	305
12.3.2.	Оценка воздействия на окружающую среду	311
12.3.3.	Оценка риска	316
12.4.	Малоотходные технологии и экологически чистое производство	326
12.4.1.	Ресурсосберегающие, малоотходные и безотходные технологии	326
12.4.2.	Экологически чистое производство	328
12.4.3.	Экологически чистые биотехнологии и биологическая очистка сточных вод	342
12.5.	Эколого-экономическая оценка природоохранных технологий	348
12.5.1.	Выбор технологических и конструкторских решений	348
12.5.2.	Затраты на природоохранную деятельность, экологический ущерб и эколого-экономический эффект	351

Приложение 1. Оценочный технико-экономический расчет процессов биосинтеза и биологической очистки 356

Приложение 2. Методики определения токсичности воды и мутагенного действия с использованием биотест-систем 405

Литература	411
Сокращения	441
Предметный указатель	446

11.3.	Особенности нормирования загрязнения природных сред	244
11.3.1.	Нормирование загрязняющих веществ в воздухе.	244
11.3.2.	Нормирование загрязняющих веществ в водных объектах.	247
11.3.3.	Нормирование загрязняющих веществ в почве.	250
11.4.	Расчеты ПДВ и ПДС.	257
11.5.	Особенности экологического нормирования.	258
11.6.	Биобезопасность, особенности получения разрешений на использование и нормирование воздействия компонентов биотехнологических производств и биопрепаратов.	263

Глава 12. Законодательные и эколого-экономические механизмы реализации природоохранных технологий	275
12.1. Природоохранное законодательство в России.	275
12.2. Механизмы реализации природоохранной деятельности	277
12.2.1. Административно-правовые механизмы.	278
12.2.2. Экономические механизмы.	283
12.2.3. Организационно-управленческие средства.	291
12.3. Оценка качества окружающей среды, ОВОС и оценка риска.	305
12.3.1. Оценка качества окружающей среды.	305
12.3.2. Оценка воздействия на окружающую среду.	311
12.3.3. Оценка риска.	316
12.4. Малоотходные технологии и экологически чистое производство.	326
12.4.1. Ресурсосберегающие, малоотходные и безотходные технологии.	326
12.4.2. Экологически чистое производство.	328
12.4.3. Экологически чистые биотехнологии и биологическая очистка сточных вод.	342
12.5. Эколого-экономическая оценка природоохранных технологий.	348
12.5.1. Выбор технологических и конструкторских решений.	348
12.5.2. Затраты на природоохранную деятельность, экологический ущерб и эколого-экономический эффект.	351

Приложение 1. Оценочный технико-экономический расчет процессов биосинтеза и биологической очистки.	356
---	------------

Приложение 2. Методики определения токсичности воды и мутагенного действия с использованием биотест-систем.	405
--	------------

Литература.	411
Сокращения.	441
Предметный указатель.	446