

ПРЕДИСЛОВИЕ

Экологическая биотехнология – одна из важнейших областей развития и прикладного применения биотехнологии, направленная на решение природоохранных задач специфическими биотехнологическими методами, сочетающая химические, биологические и инженерные знания с профессиями микробиолога и химика-аналитика, геохимика и гидробиолога, почвовед и агротехника, фито- и зооценолога, популяционного генетика и эколога, токсиколога и эпидемиолога, менеджера, владеющего вопросами экологического и нормативного законодательства, оценки риска, работы с геоинформационными системами, инженерного строительства.

Предлагаемая книга подготовлена коллективом авторов, объединивших опыт преподавания дисциплины «Экобиотехнология» на кафедре биотехнологии Российского химико-технологического университета им. Д. И. Менделеева с практическим опытом реализации передовых природоохранных технологий в России, странах Западной Европы и других. Она дополняет и развивает материал изданной в 2006 г. книги «Научные основы экобиотехнологии»¹, в которой впервые в отечественной литературе была предпринята попытка систематизации и обобщения знаний, составляющих научную основу биотехнологических методов, используемых для охраны окружающей среды. В ней были рассмотрены основные особенности организации и функционирования природных экосистем и сред (водных, почвенных), приоритетные загрязнения и отходы, особенности микроорганизмов, применяемых для переработки и обезвреживания различных загрязнений, абиотических и биотических процессов, протекающих в различных средах при миграции и трансформации загрязнений, и основных факторов, влияющих на эти процессы, ключевые научные проблемы, возникающие в связи с реализацией экобиотехнологий.

В настоящем учебном пособии рассмотрены вопросы, включающие инженерно-технологические аспекты использования экологических биотехнологий и методов, принципы работы и наиболее важные конструкции промышленных аппаратов и сооружений биологической очистки, специфика различных организмов и их сообществ, предназначенных для биологической очистки водных и почвенных сред, воздуха, природных водоемов, переработки различных отходов деятельности человека, эколого-экономические основы природоохранной деятельности и использования экобиотехнологий. Определенное внимание уделено методам и технологиям, предназначенным для удаления таких приоритетных загрязнений, как нефть и нефтепродукты, тяжелые металлы, а также биодegradации и биокоррозии различных материалов, предотвращению биокоррозии, биоповреждений и биообрастаний, получению и модификации «экологически дружественных» полимеров, биоиндикации и биомониторингу.

¹ Кузнецов А. Е., Градова Н. Б. Научные основы экобиотехнологии. – М.: Мир, 2006. – 504 с.

Для того, чтобы избежать чрезмерного усложнения и увеличения объема книги, в ней приведен лишь необходимый минимум формул и расчетов, важных для понимания сути наблюдаемых зависимостей и изменений и выбора того или иного инженерно-технологического и природоохранного решения. Подробные расчеты приведены в технической литературе, учебниках, учебных пособиях и нормативных документах. Список некоторых из них находится в конце книги.

Учебное пособие предназначено для студентов и аспирантов, обучающихся по специальности и направлению «Биотехнология». Книга может быть использована также студентами вузов, обучающимися по направлению «Охрана окружающей среды и рациональное использование природных ресурсов». Много полезного могут почерпнуть здесь преподаватели колледжей, высших учебных заведений при организации учебного процесса и подготовке лекционных курсов, научные работники, инженеры-технологи и другие специалисты, использующие биотехнологию для решения экологических задач.

Часть материала рукописи книги была подготовлена в рамках гранта, выделенного Федеральной целевой программой «Интеграция», а также по программе научно-образовательных проектов, выполнявшихся в РХТУ им. Д. И. Менделеева при поддержке компании ВР. Дополнительную спонсорскую поддержку при подготовке книги оказали фирма ЭнвиРоХеми (Германия), которая является одним из мировых лидеров в области реализации современных технологий анаэробно-аэробной очистки производственных сточных вод, и НТО «Приборсервис» — одна из ведущих фирм России в области очистки нефтезагрязненных природных и техногенных сред, активно использующая биотехнологические способы ремедиации на основе существующих и собственных научно-технических разработок и выпускаемого фирмой специализированного оборудования.

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. Биодegradация 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 ex situ и on site..... | 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 in situ | 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 in situ | 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 |