

Ликвидация загрязнений окружающей среды на основе биотехнологий

В.С. Баева

Приволжский государственный университет путей сообщения, Самара, Россия

Обоснование. Современные экологические проблемы, такие как загрязнение воздуха, почвы и воды, требуют инновационных и устойчивых решений. Традиционные методы очистки часто оказываются дорогостоящими и неэффективными, а иногда даже усугубляют ситуацию. В этом случае биотехнологии представляют собой перспективное направление, позволяющее использовать природные механизмы для восстановления окружающей среды.

Цель — изучить возможности биотехнологий для ликвидации загрязнений окружающей среды, оценить их эффективность, сравнить различные методы и продемонстрировать их практическое применение на реальных примерах.

Методы. Использованы методы анализа и синтеза данных литературных источников и интернет-ресурсов по изучаемой проблематике.

Результаты. Изучено, что биоремедиация *in situ* представляет собой технологию очистки загрязненных почв и грунтов непосредственно на месте загрязнения, без необходимости извлечения грунта. Этот метод основан на стимуляции естественной активности микроорганизмов, способных разлагать токсичные соединения. Например, для ускорения деградации нефтепродуктов в почву подают кислород через специальные установки, что активизирует аэробные бактерии. Преимущества метода включают в себя снижение затрат на земляные работы, минимизацию вторичного загрязнения (например, запыления) и сохранение естественной структуры экосистемы.

В отличие от *in situ*, метод *ex situ* предполагает физическое извлечение загрязненного грунта и его обработку в контролируемых условиях. Загрязненную почву транспортируют в биореакторы, где ее смешивают с водой и микроорганизмами, адаптированными к конкретным загрязнителям. Предварительно из грунта удаляют крупные элементы (камни, мусор), а затем тщательно перемешивают для создания однородной суспензии. В биореакторах поддерживаются оптимальные параметры (температура, pH), что ускоряет процесс очистки. Главные преимущества *ex situ* — полный контроль над процессом и высокая скорость деградации токсинов [1].

Фиторемедиация — еще один биотехнологический подход, основанный на использовании растений, способных поглощать и накапливать в своих тканях радионуклиды, тяжелые металлы и органические загрязнители. Преимущество фиторемедиации — сохранение плодородия и структуры почвы, а также возможность применения в труднодоступных зонах [2]. Отдельное направление биотехнологий — очистка сточных вод, где комбинируются аэробные и анаэробные методы. На первом этапе вода проходит механическую фильтрацию для удаления крупного мусора, после чего поступает в аэротенки. Здесь аэробные бактерии, содержащиеся в активном иле, разлагают органические загрязнители при постоянной подаче кислорода. Далее жидкость направляется в анаэробные резервуары, где метаногенные микроорганизмы удаляют фосфаты и аммоний, параллельно выделяя метан как побочный продукт. Финальная стадия включает дополнительную обработку для устранения остаточных нитритов и аммония, что обеспечивает безопасность воды для сброса в природные водоемы [3].

Отмечается, что биоремедиация продемонстрировала высокую эффективность в условиях реальных экологических катастроф. Например, после разлива нефти в Мексиканском заливе в 2010 году использование культуры бактерии «Синтии» позволило значительно сократить концентрацию углеводородов в воде и почве.

Фиторемедиация подтвердила свою эффективность в зонах радиационных аварий. Эксперимент в Чернобыле (1994) с посадкой подсолнечника на площади 75 м² продемонстрировал, что растения способны за 10 дней извлечь, аккумулируя в корневой системе, цезий, а в листьях и стебле — стронций. При этом структура и плодородие почвы остались неизменными, а собранная биомасса с концентрированными радионуклидами была безопасно утилизирована.

В области очистки сточных вод комбинация аэробных и анаэробных методов привела к полному разложению органических загрязнителей и снижению концентрации токсичных соединений (фосфатов, аммония, нитритов) до экологических норм.

Выводы. Биотехнологии являются ключевым инструментом для устойчивого развития, сочетающим экологическую безопасность с высокой эффективностью. Их внедрение способствует восстановлению экосистем и создает основу для гармонического взаимодействия технологий и природы.

Ключевые слова: биотехнологии; биоремедиация; фиторемедиация; очистка сточных вод; экология; загрязнение окружающей среды; микроорганизмы.

Список литературы

1. Чегодаева Н.Д., Маскаева Т.А., Лабутина М.В., Комусова О.И. Введение в биотехнологию: учебное пособие. Саранск: МГПУ им. М.Е. Евсевьева, 2022. 164 с. ISBN: 978-5-8156-1490-1
2. Коротченко И.С. Биоремедиация: учебное пособие. Красноярск: КрасГАУ, 2020. 246 с.
3. Николаева Л.А. Биологическая очистка сточных вод предприятий нефтехимического комплекса и энергетики: учебное пособие. Казань: КГЭУ, 2021. С. 4–17.

Сведения об авторе:

Варвара Сергеевна Баева — студентка, группа СОДП-31, электротехнический факультет; Приволжский государственный университет путей сообщения, Самара, Россия. E-mail: varjbaeva@gmail.com

Сведения о научном руководителе:

Юрий Александрович Холопов — доцент, заведующий кафедрой «Безопасность жизнедеятельности и экология»; Приволжский государственный университет путей сообщения, Самара, Россия. E-mail: kholopov@bk.ru