



РОЛЬ МИКРООРГАНИЗМОВ В БИОРЕМЕДИАЦИИ ЗАГРЯЗНЁННЫХ ВОДОЁМОВ

Кирсанова Ирина Алексеевна

кандидат биологических наук, доцент кафедры экологии и биотехнологии,
Новосибирский государственный университет
г. Новосибирск, Российская Федерация

Самсонов Даниил Олегович

аспирант кафедры экологии и биотехнологии, Новосибирский государственный университет
г. Новосибирск, Российская Федерация

Аннотация

Биоремедиация с использованием микроорганизмов представляет собой эффективный и экологически безопасный метод очистки водоёмов от органических и неорганических загрязнителей. В статье рассмотрены основные группы микроорганизмов, участвующих в очистке водной среды, механизмы их действия, а также современные подходы к повышению эффективности биоремедиации. Обсуждаются примеры успешного применения биотехнологий в восстановлении экосистем загрязнённых водоёмов, а также существующие вызовы и перспективы развития этой области.

Ключевые слова: биоремедиация, микроорганизмы, водоёмы, загрязнение, экология, биоразложение, устойчивые технологии

1. Введение

Современная экологическая ситуация характеризуется увеличением загрязнения водных ресурсов вследствие антропогенной деятельности: сбросов промышленных и сельскохозяйственных стоков, утечек нефтепродуктов, накопления тяжёлых металлов и других токсикантов. Традиционные методы очистки зачастую требуют значительных затрат и могут оказывать дополнительное воздействие на окружающую среду. В связи с этим биоремедиация — использование живых организмов, прежде всего микроорганизмов, для восстановления качества водных экосистем — приобретает особую актуальность.

2. Основные группы микроорганизмов, участвующих в биоремедиации

Бактерии рода *Pseudomonas*, *Bacillus*, *Acinetobacter*, *Rhodococcus* обладают высокой способностью к деградации углеводов, фенолов, ПАУ (полициклических ароматических углеводов). Они часто используются в биоплатформах для очистки водоёмов, загрязнённых нефтью и нефтепродуктами.

Некоторые виды способны аккумулировать тяжёлые металлы и участвуют в фотосинтетической ремедиации, снижая биогенную нагрузку в эвтрофных водоёмах.

Микроскопические грибы рода *Aspergillus*, *Trichoderma*, *Phanerochaete chrysosporium* эффективно разрушают сложные органические соединения, включая синтетические красители и фенолы.

3. Механизмы биоремедиации в водной среде

Процесс ферментативного расщепления органических загрязнителей до менее токсичных соединений или до CO_2 и H_2O . Основной механизм — метаболическая активность микроорганизмов в аэробных или анаэробных условиях.

Некоторые микроорганизмы способны связывать тяжёлые металлы и токсиканты на своей клеточной поверхности или внутри клеток, снижая их подвижность и токсичность.

Объединение загрязнителей в агрегаты с помощью микробных полисахаридов и других метаболитов, что облегчает их удаление из водной среды.

4. Биотехнологические подходы к усилению биоремедиации

- **Создание микробных консорциумов**, включающих виды с различной метаболической активностью, для ускорения разложения сложных загрязнителей.
- **Генетическая модификация штаммов**, усиливающая их устойчивость и способность к детоксикации.
- **Иммобилизация микроорганизмов** на носителях (гранулах, гелях, мембранах) для повышения стабильности и продолжительности действия.
- **Использование биостимуляции**: добавление питательных веществ, кислорода, субстратов для усиления активности природной микрофлоры.

5. Примеры успешной реализации

- **Озеро Кара-Богаз-Гол (Туркменистан)**: применение бактериальных штаммов для очистки от органических соединений и нефтепродуктов.

- **Залив Мексики:** после аварии на платформе Deepwater Horizon использовались бактерии *Alcanivorax borkumensis* для биodeградации нефти.
- **Гданьский залив (Польша):** успешная реабилитация прибрежных участков с помощью микроводорослей и фотосинтезирующих бактерий.

6. Проблемы и ограничения

- **Колебания температуры и pH,** снижающие активность микроорганизмов.
- **Наличие токсикантов,** подавляющих микробиоту или ферментативные пути.
- **Низкая скорость процессов,** особенно при высокой степени загрязнения или недостатке кислорода.
- **Нехватка нормативной базы** и ограниченное внедрение биотехнологий в практику очистки водоёмов.

7. Перспективы и направления дальнейших исследований

Будущие исследования сосредоточены на:

- создании адаптированных к экстремальным условиям штаммов;
- разработке биосенсоров для мониторинга микробной активности;
- интеграции биоремедиации с физико-химическими методами;
- изучении взаимодействия между микробными сообществами и экосистемами.

Заключение

Микроорганизмы играют решающую роль в процессах самоочищения водных экосистем. Биоремедиация на их основе представляет собой перспективное, экологически щадящее и экономически оправданное направление очистки загрязнённых водоёмов. Развитие биотехнологий, повышение общественного и государственного интереса к экологическим проблемам создают условия для широкого внедрения микробиологических методов восстановления водной среды.

Литература

1. Gadd G.M. Biosorption: critical review of scientific rationale, environmental importance and significance for pollution treatment // Journal of Chemical Technology and Biotechnology. – 2009. – Vol. 84(1). – P. 13–28.
2. Тихонов С.В., Жданов В.А. Биотехнология очистки водных объектов. – М.: Наука, 2020.
3. Atlas R.M., Hazen T.C. Oil biodegradation and bioremediation: a tale of the two worst spills in U.S. history // Environmental Science & Technology. – 2011. – Vol. 45. – P. 6709–6715.
4. Петрова Е.А. Роль бактерий в процессах самоочищения природных вод // Вестник экологии. – 2021. – №3. – С. 34–40.