# Невидимые санитары

## *Микроорганизмы для борьбы с загрязнениями окружающей среды*

***Л.П. Кочетова***
***кандидат биологи ческих наук***

В последние десятилетия в связи с увеличивающимся присутствием в биосфере устойчивых загрязнителей антропогенного происхождения, причем в масштабах, превышающих природную самоочищающую способность, особую актуальность приобрела разрушающая способность микроорганизмов.

Современная стратегия в решении экологических проблем, связанных с загрязнением почв, заключается в восстановлении загрязненных территорий, а не в непрерывном освоении все новых чистых территорий. Очевидно, что развитие эффективных технологий восстановления загрязненных земель, рассчитанных на длительную перспективу, зависит от сложного сочетания различных факторов, таких как законодательная деятельность, политические инициативы, общественное мнение и подходящие технологии.

Человеку «удалось» создать соединения, которые не разрушаются в природе в обычных условиях — различные синтетические полимеры, красители, пестициды, фармацевтические препараты, моющие средства и т. д. Эти чужеродные природе вещества-ксенобиотики имеют уникальную биологическую активность уже на уровне микропримесей. В широком смысле к ксенобиотикам могут быть отнесены и вещества природного происхождения, но полученные в сверхколичествах и перемешенные в несвойственные им места (например, нефть). Большинство таких соединений обладает значительной стабильностью, а для их полного разложения при обычных условиях требуются столетия. Происходит непреравных перенос этих веществ по пищевым цепям и их накопление на конечных этапах, к которым относится и человек. Огромное количество ксенобиотиков чрезвычайно токсично и проявляет мутагенную, канцерогенную, аллергенную и тератогенную активности. Однако понятно, что человечество не может полностью отказаться от использование таких веществ, так как они применяются практически во всех областях деятельности.

В настоящее время разработка решений, касающихся проблем окружающей среды с использованием живых организмов, в особенности микроорганизмов, входит в область биотехнологий.

Экологическая биотехнология подразумевает использование живых организмов для переработки опасных отходов и борьбы с загрязнением окружающей среды. Например, некоторые грибки применяются для нейтрализации токсичных побочных продуктов бумажной промышленности. Другие микроорганизмы, населяющие свалки ядовитых отходов, расщепляют такие соединения, как полихлорированные бифенилы, на безвредные соединения. Биотехнологи изучают механизмы, с помощью которых населяющие устья рек микроорганизмы могли бы очищать воды от химических загрязнений.

Биодеградация — разрушение сложных веществ в результате деятельности живых систем. Основными биологическими системами, осуществляющими биоразрушения, являются микроорганизмы, обладающие огромным разнообразием ферментных систем и большой лабильностью метаболизма. Именно они способны разлагать широкий спектр химически устойчивых соединений, тем самым возвращая основные питательные элементы в глобальные циклы и предотвращая накопление «мертвых» остатков в биосфере.

Наиболее активно участвую в разрушении ксенобиотиков бактерии и грибы, основное количество которых выделено из почвы и воды. Представители бактерий относятся к различным родам грамотрицательных и грамположительных аэробных и анаэробных организмов. Так,

двухлористое соединение метана ($CH_2Cl_2$) и подобные канцерогенные химические вещества, выбрасываемые в окружающую среду как различные промышленные отходы, трансформируются в безвредную продукцию в результате разложения энзимами, которые выделяются бактериями в биореакторах. Ученые размножают эти микроорганизмы, изолировав их от общей среды, потом находят самые благоприятные условия для их культивирования и размножают эти бактерии в большом количестве.

Специалисты в области охраны окружающей среды пользуются двумя методами биоремедиации (биовосстановления) зараженных органическими отходами земель: вносят в зараженную почву специализированные штаммы бактерий либо питательные вещества, стимулирующие активность уже присутствующих там микроорганизмов. Бактерии поглощают токсины и разлагают их до безвредных продуктов жизнедеятельности. После того как весь запас токсических соединений переработан, численность популяции бактерий-очистителей возвращается к нормальному уровню либо они умирают. Различные методы биоремедиации с помощью природных микроорганизмов используются для обезвреживания промышленных отходов перед их выбросом в окружающую среду, а также для очистки уже существующих загрязнений. Инженеры-генетики преуспели в передаче генов теплолюбивых микроорганизмов микроорганизмам, которые могут разлагать инсектициды (химические препараты для уничтожения вредных насекомых), и сделали эти трансгенные (с приобретенными генами) микроорганизмы готовыми к использованию в регионах с более теплыми условиями. В очистке загрязненной среды от тяжелых металлов, радиоактивных элементов, синтетических удобрений, инсектицидов, гербицидов (химических веществ, применяемых для уничтожения сорной растительности) и других ядовитых веществ отмечен важный прогресс в использовании трансгенных микроорганизмов.

В 1975 г. в штате Северная Каролина на базе авиатоплива произошла утечка толуола — канцерогенного вещества, приведшая к загрязнению: 300 тыс. л толуола впиталось в почву и проникло в источники питьевой воды. Лишь в 1992 г. было разработано биотехнологическое решение для этой проблемы. После добавления учеными бактерий, способных расщеплять толуол в загрязненной почве и подземных водах данной местности, и элементов питания, необходимых для развития бактерий, уровень загрязнения уменьшился на 75% за один год.

Другим примером использования биотехнологии является случай с загрязнением морской акватории из-за утечки необработанной нефти из знаменитого нефтяного танкера «Валдез», который сел на мель вблизи Аляски в 1989 г. Та часть вытекшей нефти, которая была легче воды, вязкой и поэтому находилась на поверхности воды, была собрана с помощью фильтрации и всасывания, а другая часть нефти, которая впиталась в скалы поблизости берега, в гальку и песок, было очищена с помощью бактерий. Бактерии использовали сырую нефть для собственных «энергетических нужд», превращая ее в безвредные метаболиты.

Мировое производство одного из наиболее распространенных и доступных полимеров — полиэтилена — достигает сегодня десятков миллионов тонн в год. Число фрагментов $-CH_2-CH_2-$, называемых мономерными звеньями, варьирует для промышленно производимых полимеров этилена от 1000 до 10000. Значительное количество полиэтилена перерабатывается в пленочные материалы, с которыми мы встречаемся в быту на каждом шагу. В первую очередь это упаковочные материалы — пакеты и сумки для продуктов. Это также различные контейнеры для хранения разнообразных жидкостей — от воды до минеральных масел, например для моторных масел, или смесей воды и этилен гликоля, используемых в качестве охлаждающих и незамерзающих жидкостей в современных автомобилях.

Крупнотоннажные полимеры, такие как полипропилен, полистирол, полиамиды, полиэфиры (например лавсан, каучуки и резины и многие другие), получаемые полимеризацией реакционно-способных соединений — мономеров, являются весьма устойчивыми химическими соединениями.

Многие из них, такие как полиэтилен, способны выдерживать воздействие соли, излучения и кислорода, тепла и влаги в природных условиях в течение десятков лет без заметного химического разрушения. В настоящее время в ОАО «Биохиммаш» выделены из окружающей среды микроорганизмы, способные использовать углерод полиэтилена в своем метаболизме в качестве источника углерода. В результате проведенных исследований было установлено, что полиэтилен может подвергаться деструкции под воздействием микроорганизмов. Среди этих микроорганизмов были обнаружены один вид грибов и пять доминирующих видов бактерий, образующих консорциум.

Использование биотехнологии для решения экологических проблем не является новой идеей. Уже более ста лет смешанные бактериальные популяции используются для очистки сточных вод. Все живые организмы (животные, растения, бактерии и др.) для поддержания жизни поглощают и переваривают питательные вещества и выделяют в окружающую среду образующиеся при этом продукты жизнедеятельности. Разным организмам для поддержания жизни необходимы различные питательные вещества. Некоторые бактерии с удовольствием поглощают химические соединения, содержащиеся в отходах, другие питаются токсическими химикатами, такими как метиленхлорид, детергенты и креозот.

Институтом микробиологии РАН был предложен способ очистки промышленных сточных вод (приборостроительных заводов, гальванических цехов, атомных электростанций и др.), содержащих ионы металлов и радионуклиды. В предлагаемой технологии в качестве сорбентов используются микробные биомассы (бактерии, дрожжи, грибы) и созданные на их основе твердые гранулированные биосорбенты. Они обладают высокой емкостью и селективностью, что позволяет использовать их для очистки и доочистки промышленных растворов и сточных вод от токсичных металлов и радионуклидов (урана, радия, тория, плутония и др.).

Проведены лабораторные, пилотные и опытно-промышленные испытания технологии биосорбции, имеющие следующие преимущества по сравнению существующими технологиями:

• биосорбенты можно применять для доочистки разбавленных промышленных растворов и сточных вод сложного состава в случае, когда уровень ПДК не достигается традиционными физико-химическими методами;

• биосорбенты можно применять для селективного извлечения благородных (золото, серебро), редких (вольфрам, молибден), редкоземельных (иттрий, скандий, церий) и других ценных элементов из технологических растворов сложного химического состава, которые не могут быть извлечены при такой концентрации другими методами.

Для получения биосорбентов применяется убитая биомасса микроорганизмов, поэтому они безопасны для людей. Кроме того, производство биосорбентов способствует решению экологической проблемы — утилизации отходов микробиологических производств.

Предлагаемые разработки защищены патентами РФ.

Методы экологической биотехнологии обеспечивают более эффективное по сравнению с традиционными подходами обезвреживание разнообразных токсических отходов, а также значительно снижают зависимость от таких методов утилизации мусора, как сжигание и создание хранилищ токсических отходов.

**Источник:** Экология и жизнь.-2010.-№ 2.-С.32-34.