



Продовольственная и
сельскохозяйственная организация
Объединенных Наций



Как восстановить загрязненную пестицидами почву



Перспективный подход:

технология био- и фиторемедиации



Глобальный
экологический
фонд
Инвестиции в нашу планету



Источниками СОЗ являются почвы, загрязненные пестицидами

По оценкам, около половины устаревших пестицидов в мире можно найти в бывшем Советском Союзе, причем большая часть - в Центральной Азии. Эти опасные химические вещества, которые часто хранятся в ветхих контейнерах, либо находятся на развалившихся складах или закапываются на свалках, продолжают травить уже не сорняки и вредителей, а людей. Как правило, остатки пестицидов на этих участках находятся в значительно более высоких концентрациях по сравнению с теми концентрациями (остатками), которые образуются в результате их регламентированного применения в сельском хозяйстве. Значительное количество этих пестицидов вызывает особую обеспокоенность из-за их токсичности, стойкости, переноса на большие расстояния, они представляют высокий риск для окружающей среды, биоразнообразия и здоровья человека.

Хлорорганические пестициды, такие как ДДТ, не разлагаются в течение длительных периодов времени, поскольку они обладают высокой устойчивостью к фотолитической, химической и биологической деградации и относятся к группе химических веществ, называемых стойкими органическими загрязнителями (СОЗ). Несмотря на то, что они не используются с 1970-х годов, они все еще обнаруживаются в почве в опасных количествах.

Опасность пестицидов, содержащих СОЗ, заключается в их устойчивости к естественному разложению, биомагнификации по пищевым цепям и способности накапливаться в живых организмах, что приводит к биоаккумуляции в жировых тканях и вызывает мутагенные, тератогенные и канцерогенные эффекты.

Безопасное удаление и утилизация устаревших пестицидов является технически сложным и дорогостоящим мероприятием. Из-за значительного использования в прошлом пестицидов, содержащих СОЗ, в регионах Центральной Азии, сельскохозяйственные почвы загрязнены до сегодняшнего дня, что ставит под угрозу безопасное производство продуктов питания. Следовательно, существует острая необходимость очистки почвы в Центральной Азии, которая, однако, затруднена из-за большого количества и широкого распространения загрязненных почв в регионах.

Таким образом, восстановление больших объемов загрязненной сельскохозяйственной почвы в Центральной Азии требует экономически эффективных, простых и экологически безопасных подходов, которые имеют реальный шанс на реализацию.



Решение проблемы

Глобальный обзор показывает, что биологическая реабилитация почв, загрязненных пестицидами, является жизнеспособным решением.

Данная технология реализуется во всем мире. Биологическая ремедиация включает в себя комплекс методов обработки почвы и воды путем использования биохимического потенциала микроорганизмов, водорослей и высших растений. Биологическая ремедиация предназначена для очистки слабозагрязненных почв. Технология биологической рекультивации является экономичным и экологичным методом восстановления загрязненных почв по сравнению с физическими или химическими методами.

Биологическая ремедиация:

био- и фиторемедиация

Биоремедиация, в которой участвуют микроорганизмы, и фиторемедиация, в которой используются растения, являются двумя ключевыми методами биологической реабилитации.

Биоремедиация включает в себя стимулирование естественного микробного разложения загрязнителей в окружающей среде путем предоставления питательных веществ в качестве источников углерода или доноров электронов. Различные микроорганизмы успешно используются для нейтрализации токсичных органических веществ. Этого можно достичь, используя аборигенные микроорганизмы, которые, очевидно, процветают в загрязненных условиях, или специфические культуры, способные эффективно метаболизировать загрязняющие вещества. В биоремедиации используются некоторые запатентованные микроорганизмы, которые часто адаптированы к местным условиям окружающей среды и могут не проявлять такой же эффективности при применении в других местах. Биоремедиацию можно проводить в условиях *ex situ* или *in situ*, без образования вторичных отходов и с меньшими затратами по сравнению с другими методами реабилитации, хотя данный метод занимает больше времени, чем другие, более дорогостоящие методы.

Микроорганизмы неэффективны в удалении тяжелых металлов и радиоактивных изотопов из почвы и воды. Иное дело зеленые растения, которые извлекают из окружающей среды и концентрируют в своих тканях различные элементы. Фиторемедиация предполагает использование различных видов растений для очистки самых разных загрязненных сред и восстановления деградированных экосистем. Фиторемедиация также является экономически эффективным методом, требующим минимального оборудования и специализированного персонала, что делает его пригодным для широкого спектра загрязнителей окружающей среды.

Проведенные исследования в рамках

проекта фАО в Казахстане

С 2023 года в Казахстане начались исследования в сотрудничестве с ФАО и Министерством экологии и природных ресурсов Казахстана в рамках проекта «Управление жизненным циклом пестицидов и утилизация пестицидов с СОЗ в странах Центральной Азии и Турции»

Цель состоит в том, чтобы определить и протестировать наиболее эффективный метод очистки загрязненных пестицидами почв вокруг устаревших запасов пестицидов и на основе результатов разработать подход, который может быть применен в других регионах Казахстана.

В ПОЧВЕ ОБНАРУЖЕНЫ ТОКСИЧНЫЕ ХИМИЧЕСКИЕ ВЕЩЕСТВА

Почва, использованная в эксперименте, была отобрана с территории бывшего устаревшего склада пестицидов, расположенного в селе Саймасай Енбекши-Казахского района Алматинской области. Почва содержит 24 различных типа хлорорганических пестицидов, в том числе пестициды СОЗ: ДДТ и его метаболиты, изомеры ГХГ, элдрин, хлордан, дильдрин, гептахлор и др., а также различные тяжелые металлы, главным образом Ni, Cd, Zn. Из всех хлорорганических пестицидов ДДТ обладает наибольшей стойкостью в окружающей среде.

БИОРЕМЕДИАЦИЯ В ИСПЫТАНИЯХ

На первом этапе биоремедиационных испытаний оценивался состав микробного сообщества загрязненной пестицидами почвы. Затем были отобраны перспективные штаммы и оценена их деструктивная способность с помощью хроматографического анализа.

По результатам хроматографического анализа установлено, что деструктивная способность тринадцати изолятов по изомерам ГХГ колебалась от 50,2 до 96,4 % по сравнению с контрольным образцом; а по ДДТ и его метаболитам - двенадцать штаммов имели уровни разрушения от 24,1 до 67,8 %.

ФИТОРЕМЕДИАЦИЯ В ИСПЫТАНИЯХ

После успешного внедрения методов биоремедиации, приводящих к значительному снижению исходного уровня загрязнения, фиторемедиацию можно использовать в качестве второго этапа дальнейшей очистки и восстановления загрязненных почв. Для разработки фиторемедиации первоначально была изучена природная флора на территории бывшего склада устаревших пестицидов и вокруг него. Выявлено шестнадцать доминирующих видов растений, из них четырнадцать видов обитают на пилотном участке.

Впоследствии в период цветения была собрана коллекция семян этих доминирующих местных видов растений. В тепличных и полевых условиях оценен фиторемедиационный потенциал шести видов растений (*Xanthium strumarium*, *Lolium multiflorum*, *Medicago sativa*, *Amaranthus Retroflusus*, *Paulownia tomentosai* *Rosa canina*), выращенных на образцах почвы из пилотного и контрольного участков. На основе хроматографического и статистического анализа определены наиболее эффективные виды растений для рекультивации загрязненных почв вокруг складской территории.

На следующем этапе проекта на территории бывшего склада устаревших пестицидов будут посажены растения - фиторемедианты, обладающие фитостабилизирующей способностью для очистки почвы. Это поможет избежать распространения загрязнения наземной биомассы и снизить риски миграции накопленных ксенобиотиков по пищевой цепи.



Плюсы и минусы

Существует широкий спектр вариантов ремедиации почвы, каждый из которых имеет как преимущества, так и ограничения. Задачей Проекта по ремедиации является выбор лучшей опции. Определяющими условиями могут быть время или доступный бюджет, тип и концентрация загрязняющих веществ или будущее использование участка. Проводимые в рамках проекта испытания био- и фиторемедиации позволяют протестировать технологии в местных условиях. Однако масштабирование этих технологий на большие территории станет следующей задачей. Поэтому для преодоления ограничений необходимо использовать комплексный подход.

ДЛЯ БИОРЕМЕДИАЦИИ

ДЛЯ ФИТОРЕМЕДИАЦИИ

Плюсы

- Микроорганизмы метаболизируют большое количество различных органических веществ
- Легкое внедрение
- Экологически чистая технология
- Низкая стоимость и довольно низкая технологичность
- Не приводят к значительным изменениям основных показателей почвы

- Успешное удаление широкого спектра органических и неорганических соединений вплоть до низких уровней загрязнения
- Простота реализации
- Экологически безопасная технология
- Низкая стоимость

Минусы

- В большинстве случаев медленная скорость биодеградации токсиканта
- Процессы разрушения возможны только при определенных условиях, таких как значения pH, температура, наличие воды, относительно низкие уровни загрязняющих веществ и т.д.
- Несмотря на относительную доступность, биоремедиация все еще требует значительных инвестиций и специализированного оборудования, в основном для анализа уровня загрязнения почвы, что ограничивает ее широкое применение

- Зависимость от типа почвы и микробиоты, климатических, гидрологических и биогеохимических параметров почвы
- Длительный период рекультивации
- Производство загрязненной биомассы в качестве отходов
- Риск инвазивности выбранных видов
- Применимо к слабо- и умеренно загрязненным участкам, так как растения не прорастают в сильно загрязненных почвах
- Существует вероятность негативного воздействия на пищевую цепь

КОНТАКТЫ

Региональное отделение для Европы и Центральной Азии
<https://www.fao.org/in-action/pesticides-central-asia/ru>

Продовольственная и сельскохозяйственная
организация Объединенных Наций
Анкара, Турция



Глобальный
экологический
фонд
Инвестиции в нашу планету

Этот проект финансируется Глобальным экологическим фондом (ГЭФ)



Некоторые права защищены. Лицензия С указанием
авторства – Некоммерческая – С сохранением условий 3.0
Межправительственная организация (CC BY-NC-SA 3.0 IGO)