

УДК: 631 95

АНАЛИЗ СПОСОБОВ БИОРЕМЕДИАЦИИ С ЦЕЛЬЮ ВОССТАНОВЛЕНИЯ ЗАГРЯЗНЕННЫХ ОТХОДАМИ ПОЧВ

Е.Е Карманова, студент гр. АЭ-1 (ЮУрГАУ)

Научный руководитель **Т.А. Снявская**, к.б.н., доцент кафедры
Агротехнологий и экологии (ЮУрГАУ)

Институт агроэкологии – филиал федерального государственного
бюджетного образовательного учреждения высшего образования
"Южно-Уральский государственный аграрный университет",
Челябинская область, с. Миасское
e-mail: pelmeshik050@gmail.com

Аннотация. В данной статье рассматриваются методы биоремедиации, применяемые для восстановления загрязнённых почв, включая анализ их эффективности, преимуществ и недостатков, а также факторов, влияющих на их успешное применение.

Ключевые слова: свалки, загрязнение почвы, тяжёлые металлы, биоремедиация, метод, экология, микроорганизмы, растения.

Abstract: This article discusses bioremediation methods used to restore polluted soils, including an analysis of their effectiveness, advantages and disadvantages, as well as factors influencing their successful application.

Keywords: landfills, soil pollution, heavy metals, bioremediation, method, ecology, microorganisms, plants.

Загрязнённые отходами почвы представляют собой серьёзную экологическую проблему. Несанкционированные свалки, выбросы на заводах, утечки нефти, все это пагубно влияет на экологию и приводит к повышению в почве концентрации тяжёлых, диоксинов, хлородиоксинов, полихлорированных бифенилов и других опасных галогенсодержащих органических соединений. Кроме того, загрязнение почв происходит в результате неправильной ирригации, снижении микробной активности, чрезмерном применении пестицидов, а также некорректного внесения различных агрохимических препаратов на сельскохозяйственные земли, что зачастую приводит почву к деградации [1, 2, 3, 4].

Такие почвы не пригодны к эксплуатации и могут привести к вспышкам массовых болезней, появлению новых вредителей, а также к изменению баланса экосистемы. При этом роль почв для природы и жизни человека огромна (рис.1), поэтому крайне важно следить за ее состоянием, проводить почвоохранные и почвоулучшающие мероприятия.

Цель исследования: изучить имеющиеся в настоящее время способы биологической рекультивации почв.

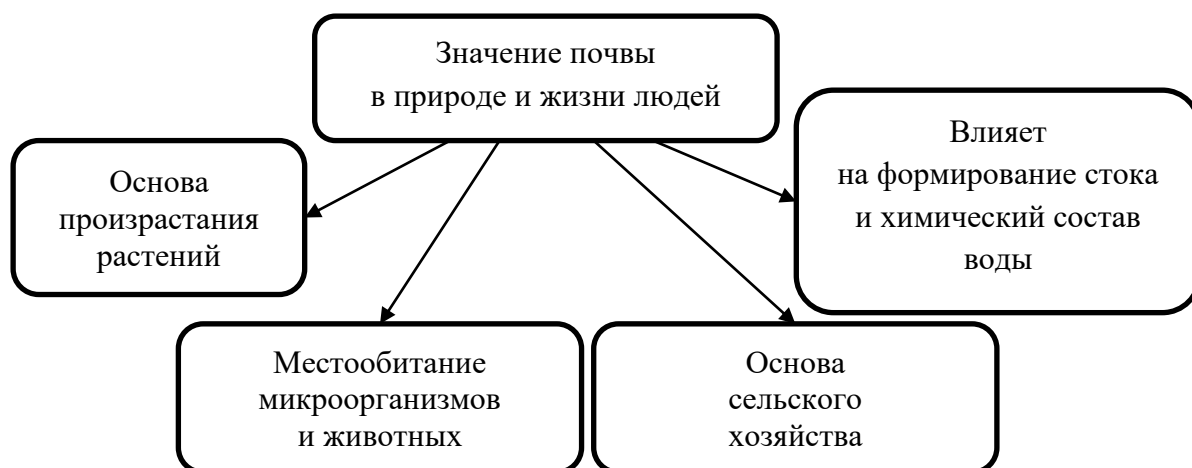


Рисунок 1 – Значение почвы в природе и жизни людей

Восстановление загрязнённых почв – задача первостепенной важности. Хотя химические и физические методы очистки эффективны, их применение ограничено высокой стоимостью, использованием потенциально опасных реагентов и, как следствие, ограниченными масштабами применения.

Поэтому, если площадь загрязнения велика, то наиболее рациональным методом очистки будет являться – биоремедиация почвы [5, 6].

Биоремедиация – комплекс методов очистки вод, грунтов и атмосферы с использованием метаболического потенциала биологических объектов – растений, грибов, насекомых, червей и других организмов.

Преимущества:

- Экологическая безопасность.
- Экономическая выгода.
- Продолжительный эффект от применения.
- Устраняется сам источник загрязнения.

Недостатки:

- Необходимость предварительной подготовки.
- Длительность процесса.
- Зависимость от условий окружающей среды.

Процесс биоремедиации отличается от физических и химических методов очистки тем, что во время его использования почву очищают сами представители биосферы. Их заселяют на загрязнённую токсинами и отходами почву, а дальше в процессе своей жизнедеятельности они сами обезвреживают опасные компоненты.

Технология биоремедиации делится на несколько методов (рис. 2).

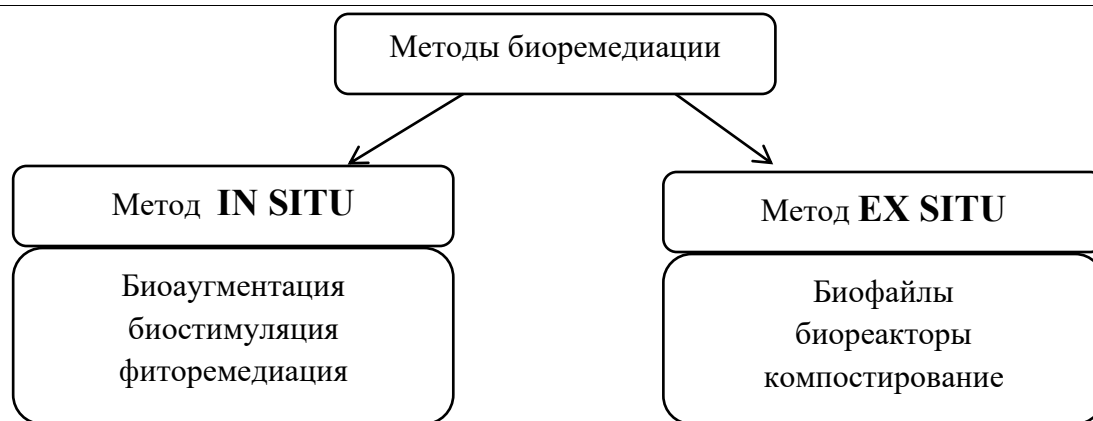


Рисунок 2 – Методы биоремедиации

1. IN SITU – обработка загрязнённой почвы на месте загрязнения, без перемещения загрязнённых участков почвы. Может быть осуществлена с помощью различных способов, таких как:

- биоаугментация. В загрязнённую почву вносятся биопрепараты, в основу которых входят микроорганизмы, способствующие расщеплению загрязняющих веществ.
- биостимуляция. Добавление в почву питательных биогенных веществ, способствующих стимулированию роста микроорганизмов, например, гуматов.
- фиторемедиация. Использование растений для удаления или разложения загрязняющих веществ в почве. Некоторые растения обладают способностью к накоплению или разрушению загрязняющих веществ за счёт клеток своего организма или микроорганизмов, располагающихся у их корневой системы.

2. EX SITU - биологический метод, при котором извлечённую почву помещают в огороженную надземную зону обработки и аэрируют после обработки, чтобы помочь местной популяции микроорганизмов разлагать органические загрязнители.

В этот метод входит:

- биофайлы (биопилка) – это разновидность очистки на месте, которая использует биологические процессы для преобразования загрязняющих веществ в менее токсичные побочные продукты.
- биореакторы – это система биохимической обработки на месте, которая использует микроорганизмы для удаления загрязняющих веществ из сточных вод или откачиваемых грунтовых вод, а также на твёрдой и жидкой (суспензии) стадиях очистки загрязнённой почвы.
- компостирование. В статических кучах с аэрацией (компост формируется в кучи и аэрируется с помощью воздуходувок или вакуумных насосов) и компостирование в штабелях (компост формируется в длинные штабели (виндролы) и иногда перемешивается с помощью мобильного оборудования).

Биоремедиация почвы проходит в три этапа. На первом этапе, в зависимости от степени загрязнения, стимулируется рост естественных микроорганизмов-деструкторов путём аэрации и внесения питательных веществ (слабое загрязнение), или же добавляются биокатализаторы (ферменты и/или микроорганизмы) при среднем и сильном загрязнении. При сильном загрязнении требуется многократное внесение питательных веществ и кислорода. Иммобилизация биокатализаторов повышает эффективность и продолжительность их действия. Второй этап включает мониторинг жизнедеятельности микроорганизмов и остаточного уровня загрязнения, с добавлением биокатализаторов при необходимости. На третьем этапе анализируется степень очистки и время разложения загрязнителей. Процесс завершается токсикологическим тестированием для подтверждения полной детоксикации почвы и грунтовых вод.

Проверить эффективность метода биоремедиации можно, изучив опыт, проведенный в Мурманской области, на полях, загрязнённых нефтепродуктами [7].

В опыте применялся метод биоаугментации с использованием таких микробных удобрений, как Бамил и Омуг. А также минерального удобрения азофоска.

Площадь каждого опытного варианта составляла 1 м².

1. Рыхление верхнего слоя (0-5 см), без мелиорантов
2. Азофоска (60 г/м²)
3. Бамил (100 г/м²) + Азофоска (60 г/м²)
4. Омуг (200 г/м²) + Азофоска (60 г/м²)

Оценка эффективности биоремедиации проводилась в течение 4 лет, с мониторингом следующих показателей: концентрация углеводов, содержание органического углерода, азота и подвижных фосфатов, численность микроорганизмов, эмиссия CO₂ и активность ферментов (инвертазы, фосфатазы, уреазы и дегидрогеназы).

По результатам опыта максимальное снижение концентрации нефтепродуктов в почве наблюдалось в вариантах с внесением минерального удобрения и биоудобрения Омуг (на 79%) и с внесением минерального удобрения (на 75%). Положительный эффект также продемонстрировало простое рыхление почвы для улучшения аэрации.

Эксперимент показал, что биоремедиация почвы, первоначально содержащей 59,3–81,02 г/кг нефтяных углеводов (53–58 % от общего органического углерода), привела к снижению уровня нефтепродуктов до 14–19 % и удвоению содержания гумуса до 81–86 %, способствуя восстановлению плодородия.

Этот опыт доказывает эффективность методов биоремедиации в снижении уровня нефтяных углеводов в почве и восстановлении её плодородия, подтверждая увеличение содержания гумуса и положительное влияние даже таких простых методов, как рыхление для улучшения аэрации.

Стоит помнить, что эффективность метода биоремедиации зависит от многих факторов, которые необходимо учитывать. К ним относятся парамет-

ры окружающей среды (влажность, кислотность, температура), способность растений и микроорганизмов к абсорбции, накоплению и деградации токсинов, а также количество почвенной микрофлоры.

Использовать биоремедиацию можно не только для очистки территорий от нефтяных утечек, но и при рекультивации почв после несанкционированных свалок. Метод, также может применяться в сельском хозяйстве, например, для улучшения качества почвы, повышения урожайности и снижения потребности в химических удобрениях и пестицидах

В заключение хочется отметить, что биоремедиация представляет собой перспективный, экономически эффективный чистый метод по очистке загрязнённых почв и воды, применимый как для решения экологических проблем, так и для повышения эффективности сельского хозяйства. Этот метод является экологически безвредным для окружающей среды и общепринятым альтернативным подходом к восстановлению загрязнённой почвы.

Список литературы

1. Sinyavskiy, I. V. Study of the problems and consequences of the use of reclamation fund lands of the forest-steppe of the Chelyabinsk region, allocated as unowned / I. V. Sinyavskiy, T. A. Sinyavskaya // IOP Conference Series: Earth and Environmental Science : International Scientific and Practical Conference: Food and Environmental Security in Modern Geopolitical Conditions: Problems and Solutions (EPFS-2023), Kostanay, 21–22 февраля 2023 года. Vol. 1206. – IOP Publishing Ltd: IOP Publishing Ltd, 2023. – P. 012010. – DOI 10.1088/1755-1315/1206/1/012010. – EDN CMHMP.
2. Рейнгард, Я. Р. Способы использования отхода биоэнергетических установок / Я. Р. Рейнгард, Т. А. Суренкова // Вестник Омского государственного аграрного университета. – 2004. – № 3. – С. 66-68. – EDN KPOEXT.
3. Plotnikov, A. M. Agrochemical Properties of Leached Chernozem and Productivity of Grain Crops under the Influence of Fertilizers And Lime in Conditions of Trans-Urals / A. M. Plotnikov, A. V. Sozinov, I. V. Sinyavskiy // International scientific and practical conference "Agro-SMART - Smart solutions for agriculture" (Agro-SMART 2018), Tyumen, 16–20 июля 2018 года. Vol. 151. – Tyumen: Atlantis Press, 2018. – P. 663-668. – DOI <https://doi.org/10.2991/agrosmart-18.2018.124>. – EDN CWFVGK.
4. Синявский, И. В. Агроэкологические аспекты деградации почв чернозёмного типа Зауралья при их длительной ирригации / И. В. Синявский, Т. А. Синявская // Известия Оренбургского государственного аграрного университета. – 2024. – № 3(107). – С. 19-28. – DOI 10.37670/2073-0853-2024-107-3-19-28. – EDN ILUMVZ.
5. Воинов, В. В. Биоремедиационный метод как наиболее эффективный способ очистки почвы / В. В. Воинов // Международный студенческий научный вестник. – 2018. – № 3-8. – С. 1205-1207. – EDN XNOJNB.
6. Томей, М. К. и Даугулис, А. Дж. (2013). Биоремедиация загрязнённых почв ex situ: обзор традиционных и инновационных техноло-

гий. Критические обзоры в области экологической науки и технологий, 43 (20), 2107–2139. <https://doi.org/10.1080/10643389.2012.672056>

7. Мязин, В. А. Оценка эффективности методов биоремедиации нефтезагрязненных почв Кольской Субарктики / В. А. Мязин // Северная Пальмира : сборник научных трудов IX Молодежной экологической конференции, Санкт-Петербург, 22–23 ноября 2018 года. – Санкт-Петербург: Санкт-Петербургский научно-исследовательский центр экологической безопасности РАН, 2018. – С. 19-25. – EDN PCNLAC.