

ХИМИЧЕСКИЕ ТЕХНОЛОГИИ

УДК 543.97

СРАВНЕНИЕ РАЗЛИЧНЫХ МЕТОДОВ ОЧИСТКИ НЕФТЕЗАГРЯЗНЕННЫХ ПОЧВ**Н. С. ВАШКОВА***(Представлено: канд. хим. наук, доц. С. Ф. ЯКУБОВСКИЙ)*

В работе представлен сравнительный анализ методов очистки почв загрязненных нефтью и дизельным топливом. Выполнены экспериментальные исследования по анализу токсичности нефти и нефтепродуктов, оказываемых на почву. Определено, что одним из наименее затратных и наиболее эффективных при оценке токсичности загрязненных нефтью и нефтепродуктами участков почвенного слоя является метод биотестирования.

Для ликвидации последствий аварийных разливов нефти и нефтепродуктов (ЛАРН) используются различные методы, направленные на снижение содержания нефтяного загрязнения в почвенно-растительном слое. Наиболее распространенные методы ЛАРН делятся на несколько групп: механические, термические, физико-химические и биологические.

Механический метод является одним из наиболее часто применяемых. При осуществлении ликвидации последствий разлива нефти и нефтепродуктов данным методом используется комплекс специальных технических средств для сбора углеводородного сырья.

Термический метод предполагает сжигание разлитой нефти. Этот способ позволяет достаточно быстро ликвидировать разлив с наименьшим количеством каких-либо технических средств и может выполняться в сочетании с другими способами ликвидации разлива. Однако данный метод характеризуется опасностью загрязнений окружающей среды токсичными продуктами горения.

Значительный интерес на данный момент представляют собой физико-химические и биологические методы. Физико-химический метод обычно используют при малой толщине нефтяной пленки, когда использование механического метода нецелесообразно. В данном методе используются различные химические вещества: диспергенты и сорбенты.

Биологический метод используется в основном как завершающий этап ликвидации разлива при толщине нефтяной пленки не менее 0,1 мм. Метод экологически безопасен, однако является весьма трудозатратным и имеет продолжительные сроки ликвидации разлива [1].

Сорбенты нефти и нефтепродуктов, используемые при применении физико-химического метода, являются достаточно эффективным средством для очистки окружающей среды от нефтяных загрязнений в результате различных аварийных ситуаций: разливы нефти, технических жидкостей, минеральных масел, бензина, керосина, дизельного топлива и других продуктов нефтепереработки.

Особый интерес, в случае сорбционной очистки, на данный момент представляют собой целлюлозосодержащие сорбенты. Они являются одними из самых эффективных и экологически безопасных. Республика Беларусь обладает достаточно большими возможностями для производства органических сорбентов на основе растительного сырья. Этому способствует большое количество растительных отходов сельского и лесного хозяйства. Такие сорбенты обладают достаточной нефтеемкостью и легко утилизируются. Из них формуруются топливные брикеты, возможно их применение в качестве смолосодержащих добавок в асфальтовых смесях или кровельных материалах [2].

Также в плане практического применения большой интерес вызывает использование различных нефтеокисляющих микроорганизмов и биопрепаратов, созданных на их основе. Большое количество известных нефтеокисляющих микроорганизмов способны разлагать легкие углеводороды нефти простого строения, и лишь небольшое число из них могут подвергаться разложению более сложные структуры.

В работе [3] представлены результаты исследования углеводородного потенциала нефтедеструкторов. Согласно проведенным исследованиям ряд бактерий имеют определенные гены, которые позволяют им разлагать такие углеводороды как нафтаген, метилнафтаген, п-алкилбензолы ($C_2 - C_7$), флуорен, бифенил, карбазол, фенантрен, антрацен. Установлено, что одним из наиболее активных нефтедеструкторов являются бактерии рода *Pseudomonas*. Некоторые представители дрожжей также проявляют нефтеокислительные свойства и способны расщеплять углеводороды преимущественно ряда $C_{10} - C_{20}$.

Внесение в почву загрязненную дизельным топливом деструкторов углеводородов нефти ускоряет процесс ее биодegradации. Добавление бактерий и биогенных компонентов к загрязненным почвам способствует снижению содержания углеводородов в течение 120 суток на 48,5%. Необходимо отметить, что наилучший результат показывают образцы почв, в которых совместно с микроорганизмами были

внесены другие удобрения, которые служат дополнительным источником азота, фосфора, калия и т.д. (34% против 22%) [4].

В настоящее время активно используются не только микроорганизмы, но и биопрепараты, созданные на их основе. Одним из таких биопрепаратов является Бак-Верад, который состоит из нескольких видов различных бактерий. Результаты исследований [5] показывают, что при применении данного биодеструктора биологическая активность, т.е. общее количество микроорганизмов в пробах возрастает. Максимальная биологическая активность была отмечена при выращивании ячменя. При анализе колоний микроорганизмов, выросших на загрязненной почве, было установлено, что в состав этих колоний входят такие микроорганизмы как *Bacillus mycoides*, *Bacillus mesenteries*, *Bacillus subtilis*, а также ветвящиеся бактерии – *Actinomycetales*, что доказывает аммонифицирующую и целлюлозоразлагающую активность почвы. Результаты исследования показали, что обработка биопрепаратом Бак-Верад увеличивает биологическую продуктивность высаженных растений.

Внесение биосорбента «Унисорб» с иммобилизованными клетками микроорганизмов-нефтедеструкторов в загрязненную почву позволяет сразу же отметить рост числа гетеротрофных бактерий в ней. Борьба с нефтяным загрязнением начинается в первые часы после его внесения на загрязненный участок, что немаловажно при экстренном удалении загрязнения. На протяжении четырех недель количество микроорганизмов остается примерно на одном и том же высоком уровне, а к пятой неделе эксперимента титр снижается до уровня чистой почвы. Снижение токсичности нефтезагрязненных почв подтверждается и результатами биотестирования: после обработки данным биопрепаратом всхожесть семян достигает 100% [6].

Оценку токсичности исследуемой почвы производили следующим образом:

1. Выполнили приготовление контрольной пробы почвы без внесения загрязнителя. Для этого в 100 г чистой почвы засеивается кресс-салат (*Lepidium sativum* L.) в количестве 100 шт. По истечении 10 суток отмечаются биологические показатели растений (всхожесть, рост растений и длина корней).

2. В 100 г почвы вносится 5, 10, 15 мл нефти и дизельного топлива, что соответствует 5, 10 и 15% загрязнению почвы. Аналогично п.1 засеивается кресс-салат и по истечении 10 суток отмечаются необходимые тест-параметры.

3. Почва обрабатывается загрязнителем до 10%-ного загрязнения нефтепродуктом как и в п.2, далее вносится сорбционный материал: смесь отходов сельскохозяйственных культур (в количестве 10, 7, 5, 2 и 1 г) и вермикулит с нанесенными на его поверхность бактериями-нефтедеструкторами в объемном соотношении с почвой (1:1, 1:0,5 и 1:0,2). По истечении 10 суток отмечаются биологические показатели растений.

На рисунке 1 отображена зависимость изменения морфологических характеристик (средняя длина стебля и средняя длина корней) кресс-салата в зависимости от содержания нефтяного загрязнения.

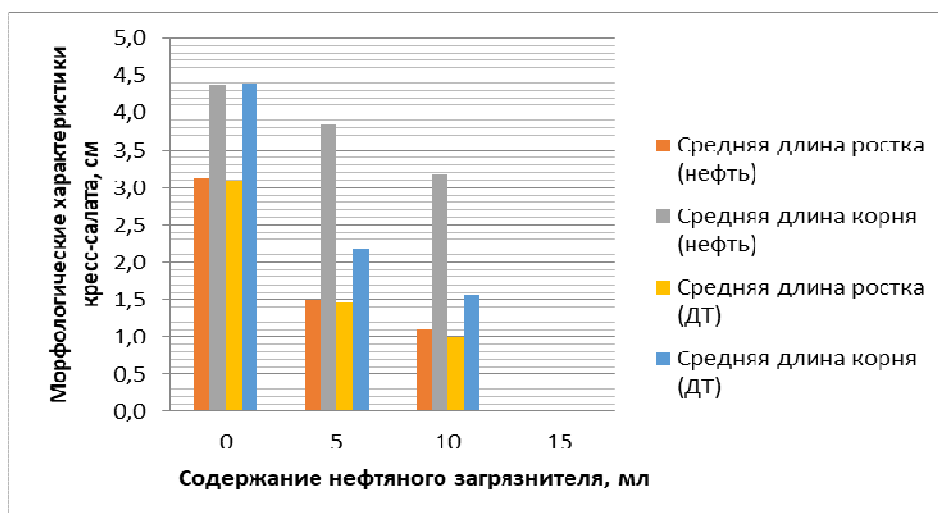


Рисунок 1. – Изменение морфологических характеристик тест-объекта в зависимости от содержания нефтяного загрязнения

Как видно из приведенных данных с увеличением степени загрязнения наблюдается значительная деградация и увеличение токсичности почвы. Это отражает процент всхожести кресс-салата и длина его наземной части: оба этих показателя снижаются с увеличением степени загрязнения почвы. Необходимо отметить, что при 15%-ном загрязнении всходов кресс-салата не наблюдается.

На рисунке 2 отображена графическая зависимость изменения морфологических характеристик кресс-салата при внесении в загрязненную почву различных количеств целлюлозосодержащего сорбента, в роли которого выступают отходы РУП «Лиезнская хлебная база».

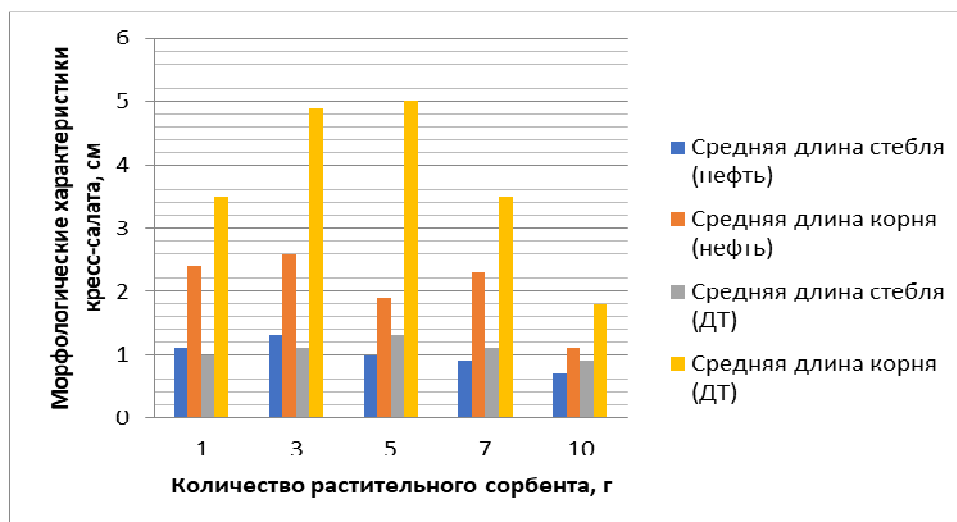


Рисунок 2. – Изменение морфологических характеристик тест-объекта в зависимости от количества внесенного целлюлозосодержащего сорбента

Наилучшие результаты по всхожести тест-объекта установлены при внесении сорбента в количестве от 3 до 7 грамм. Так же данные образцы имеют наилучшие показатели по длине стебля и длине корней растений. Из полученных данных видно, что очистка почвы предложенным сорбционным материалом значительно лучше происходит в случае с дизельным топливом, это вероятно объясняется более однородным углеводородным составом и отсутствием асфальтено-смолистых соединений. Поглощение нефти происходит в результате быстрого начального смачивания поверхности сорбционного материала, далее этот процесс замедляется вследствие постепенного заполнения пор сорбента нефтью. Однако некоторая часть пор закупоривается серосодержащими и смолистыми соединениями.

На рисунке 3 показана графическая зависимость морфологических характеристик кресс-салата при очистке почвы вермикулитом с нанесенными бактериями-нефтедеструкторами и дрожжами в следующем объемном отношении к почве: 1:1, 1:0,5 и 1:0,2.

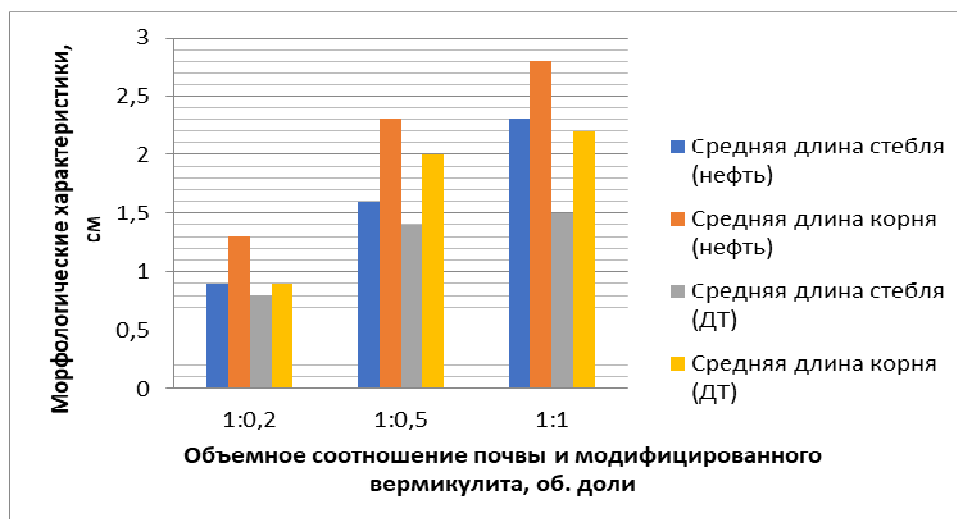


Рисунок 3. – Изменение морфологических характеристик тест-объекта в зависимости количества внесенного модифицированного вермикулита

Из полученных данных видно, что наилучшие результаты показывают смесь вермикулита с нанесенными бактериями-нефтедеструкторами и дрожжами в объемном отношении к почве: 1:1. Наибольшая

всхожесть кресс-салата наблюдается при внесении объема модифицированного вермикулита кратного объему загрязненной почвы, при этом всхожесть кресс-салата достигает 90% в случае загрязнения нефтью и 87% при загрязнении дизельным топливом. Так же наблюдается небольшое увеличение длины стебля в сравнении с неочищенной почвой. Длина корней кресс-салата меньше, чем при очистке целлюлозосодержащим сорбентом, это объясняется большим количеством влаги, которая поступает в почву при внесении в нее модифицированного вермикулита. Почва уплотняется под действием влаги и как следствие образуется препятствие для проникновения кислорода к корням растений.

Изучение литературных источников, а также ряд проведенных экспериментов позволяют сделать вывод о том, что целлюлозосодержащие сорбенты являются достаточно эффективным сорбционным материалом для очистки почвенно-растительного слоя при загрязнении нефтью и нефтепродуктами. Наилучшие результаты по всхожести выбранного тест-объекта показывают экспериментальные исследования с применением вермикулита модифицированного штаммами бактерий и дрожжей. Однако некоторые морфологические характеристики растений лучше в случае очистки почвы целлюлозосодержащим сорбентом, что требует выполнения дополнительных исследований в данном направлении.

ЛИТЕРАТУРА

1. Артюшкин, В. Н. Современные средства ликвидации аварийных разливов нефти в трубопроводном транспорте: учебное пособие / В. Н. Артюшкин. – Москва; Вологда: Инфра-Инженерия, 2019. – 128 с.: ил., табл.
2. Хомутко В. Виды сорбентов для сбора нефтепродуктов [Электронный ресурс] / В. Хомутко // Портал о нефти NEFTOK. – Режим доступа: <http://neftok.ru/raznoe/sorbent-dlya-sbora-neftepriduktov.html>. – Дата доступа: 19.09.2021.
3. Бектурова А. Ж., Хантурин М. Р. Анализ углеводородокисляющего потенциала нефтедеструкторов [Электронный ресурс] // Казахский агротехнический университет – Режим доступа: <https://kazatu.edu.kz/assets/i/science/vn1101bio03.pdf> / – Дата доступа: 01.09.2021.
4. Нечаева, И. А. Стимуляция микробной деструкции нефти в почве путем внесения бактериальной ассоциации и минерального удобрения в лабораторных и полевых условиях / И. А. Нечаева, А. Е. Филонов, Л. И. Ахметов, И. Ф. Пунтус, А. М. Боронин // Биотехнология. – №1. – 2009. – с. 64 – 70.
5. Гамзаева, Р. С. Применение биодеструктора Бак-Верад на дерново-подзолистой почве, загрязненной нефтепродуктами / Р.С. Гамзаева // Сельскохозяйственные науки: агрономия. – № 55. – 2019. – С. 38 – 45.
6. Изменение структуры гетеротрофного сообщества нефтезагрязненных почв при применении биопрепарата «Унисорб-био» / И. А. Кириенко // Всероссийская научно-практическая конференция. Сборник статей студентов, аспирантов и молодых ученых. – Красноярск: СибГТУ. – т.2. – 2010. – С. 50 – 52.