

## МИНИМИЗАЦИЯ ВОЗДЕЙСТВИЯ НЕФТЯНЫХ ЗАГРЯЗНЕНИЙ НА ПОЧВЕННЫЕ ЭКОСИСТЕМЫ ПРИ ИСПОЛЬЗОВАНИИ КОМПОЗИЦИОННОГО МАТЕРИАЛА

**Сосновская Наталия Евгеньевна**, кандидат технических наук, ГНУ «Институт природопользования НАН Беларуси», Республика Беларусь, г. Минск, [natalisosnov@mail.ru](mailto:natalisosnov@mail.ru)

**Томсон Алексей Эммануилович**, кандидат химических наук, доцент, ГНУ «Институт природопользования НАН Беларуси», Республика Беларусь, г. Минск, [altom@ecology.basnet.by](mailto:altom@ecology.basnet.by)

**Хрипович Анна Александровна**, кандидат технических наук, Белорусский национальный технический университет, Республика Беларусь, г. Минск, [anna.hripovich@gmail.com](mailto:anna.hripovich@gmail.com)

**Соколова Тамара Владимировна**, кандидат технических наук, доцент, ГНУ «Институт природопользования НАН Беларуси», Республика Беларусь, г. Минск,

**Пехтерева Виктория Станиславовна**, ГНУ «Институт природопользования НАН Беларуси», Республика Беларусь, г. Минск

Показана эффективность применения композиционного материала на основе торфа и микроорганизмов-деструкторов нефти для предотвращения миграции нефтяных загрязнений по почвенному профилю и снижения токсикации произрастающих растений. Использование композиционного материала позволяет снизить степень токсикации растений с 85,5 до 32,5 % по сухой массе по отношению к фону, при этом основная масса нефти задерживается в поверхностном слое (до 5 см), практически не проникая на глубину 15 см.

*Ключевые слова:* торф, нефть, композиционный материал, микроорганизмы-деструкторы нефти, рекультивация, степень токсикации растений.

## MINIMIZING THE INFLUENCE OF OIL POLLUTION ON SOIL ECOSYSTEMS USING COMPOSITE MATERIAL

**Sosnovskaya N. E., Tomson A. E., Khrypovich N. A., Tamara V. S., Pehtereva V. S.**

The effectiveness of using a composite material based on peat and oil-destroying microorganisms to prevent the migration of oil pollution along the soil profile and reduce the toxication of growing plants is shown. The use of a composite material reduces the degree of plant toxicity from 85.5 to 32.5% by dry weight relative to the background, while the bulk of the oil is retained in the surface layer (up to 5 cm), almost without penetrating to a depth of 15 cm.

*Key words:* peat, oil, composite material, microorganisms-oil destructors, recultivation, degree of intoxication of plants.

Загрязнение агроландшафтов нефтью при ее добыче, транспортировке и переработке приводит к изъятию из хозяйственного землепользования значительных площадей плодородных земель. При попадании в окружающую среду нефть не только отрицательно сказывается на функционировании экосистем, находясь в них в течение нескольких лет, но и распространяется как по поверхности почвы, так и по почвенному профилю. В мировой практике для рекультивации нефтезагрязненных почв чаще всего используются следующие виды очистки: микробиологические технологии с использованием как почвенных, так и специально подобранных штаммов микроорганизмов-деструкторов нефти (биоремедиация); фиторемедиация с использованием растений; физико-химические методы очистки, при которых рекомендуется применять широкий спектр нефтяных сорбентов. К сожалению, большинство высокоэффективных сорбентов требуют утилизации после насыщения нефтью. Для очистки загрязненных почв с концентрацией нефтепродуктов от 100 до 5 000 мг/кг наиболее применим, с учетом эффективности, затрат и продолжительности, метод био- и фиторемедиации с использованием почвенных и привнесенных микроорганизмов.

Разработанный в Институте природопользования НАН Беларуси композиционный материал на основе торфа и микроорганизмов-деструкторов нефти позволяет эффективно удалять нефть из природных объектов, а его использование при рекультивации не только разрушает нефть, но и улучшает характеристики почвы за счет органического вещества торфа и биомассы микроорганизмов [4].

С целью определения миграции нефти по почвенному профилю на биологическом этапе рекультивации с использованием композиционного материала на основе торфа и микроорганизмов-деструкторов нефти на территории экспериментальной базы «Свислочь» НАН Беларуси был проведен мелкоделяночный полевой опыт в 4-кратной повторности [1]. Схема опыта представлена в таблице.

Сырую нефть вносили путем равномерного разбрызгивания в количестве, соответствующем величине загрязнения 100 величин предельно допустимой концентрации нефти или нефтепродуктов в почве [3]. Для локализации нефтяных загрязнений и в качестве носителя для штаммов микроорганизмов-деструкторов нефти рода *Rhodococcus* использовали композиционный сорбционный материал на основе торфа в количестве 0,5 кг, исходя из нефтеемкости 3 кг/кг. Все компоненты заделывали в почву путем рыхления.

Контроль за динамикой разложения нефти в почве осуществляли путем отбора почвенных проб для проведения химических и микробиологических анализов. Для фиторекультивации нефтезагрязненных земель на опытных деланках был произведен высеv смеси из трех видов травяных культур – костер безостый, лисохвост и овсяница в равных соотношениях, норма высева смеси составила 9 г/м<sup>2</sup> с учетом всхожести семян.

Концентрацию углеводородов нефти в пробе определяли ИК-спектрофотометрическим методом после экстракции нефтепродуктов (НП) из почвы четыреххлористым углеродом.

Степень токсикации растений ( $T$ ) рассчитывали по формуле:

$$T = 100 - m/m_0 \cdot 100,$$

где  $m_i$  – масса растений  $i$ -го варианта опыта, кг;  $m_0$  – масса растений фонового варианта опыта, кг.

Результаты исследований приведены в таблице.

Остаточная концентрация нефти в варианте с применением композиционного материала составила 1,68 мг/г, или 6,7 % от внесенного загрязнения, что позволяет удовлетворительно оценить результаты рекультивации в соответствии с требованиями [2], и предположить достаточно широкое народно-хозяйственное использование рекультивируемых земель.

Таблица – Остаточная концентрация нефти и характеристики фитоценозов в условиях полевого мелкоделяночного опыта

| Вариант опыта   | Остаточная концентрация нефти, мг/г | Площадь зарастания, м <sup>2</sup> | Степень токсикации по выходу сухой биомассы, % |          |
|---|-------------------------------------|------------------------------------|--|----------|
|   |                                     |                                    | 1-й укос                                       | 2-й укос |
| 1. Фон – почва  | 0,031                               | 0,8                                | –  | –        |
| 2. Почва + нефть                                      | 11,08                               | 0,1                                | 91,7   | 85,5     |
| 3. Почва + нефть + композиционный материал            | 6,91                                | 0,3                                | 78,2   | 73,3     |
| 4. Почва + нефть + культура                           | 4,83                                | 0,5                                | 69,0   | 56,0     |
| 5. Почва + нефть + композиционный материал + культура | 1,68                                | 0,7                                | 53,4   | 32,5     |

Данные, представленные в таблице, свидетельствуют о том, что применение композиционного материала позволяет достичь увеличения выхода биомассы растений по сравнению с нефтезагрязненной почвой. Степень токсикации растений по сухой массе за первый укос снижается с 91,7 до 53,4 % и с 85,5 до 32,5 % за второй укос. Площадь зарастания травяной растительностью на опытных деланках с применением торфа составила 37,5 %, с применением культуры микроорганизмов-деструкторов нефти – 62,5 %, а с применением композиционного материала – 87,5 % по сравнению с незагрязненной почвой, что свидетельствует об эффективности проведенных фиторемедиационных мероприятий.

Для изучения влияния композиционного материала на миграцию нефти в вариантах 2 и 5 были отобраны пробы по глубине почвенного профиля с шагом 5 см. Как следует из рисунка, в естественных условиях под воздействием осадков нефть проникает на глубину свыше 20 см, использование композиционного материала на основе торфа предотвращает ми-

грацию нефти в нижние почвенные горизонты (10–20 см). Основная масса нефти задерживается в поверхностном слое (0–5 см), на глубине 10–15 см в варианте с применением композиционного материала нефть не обнаружена.

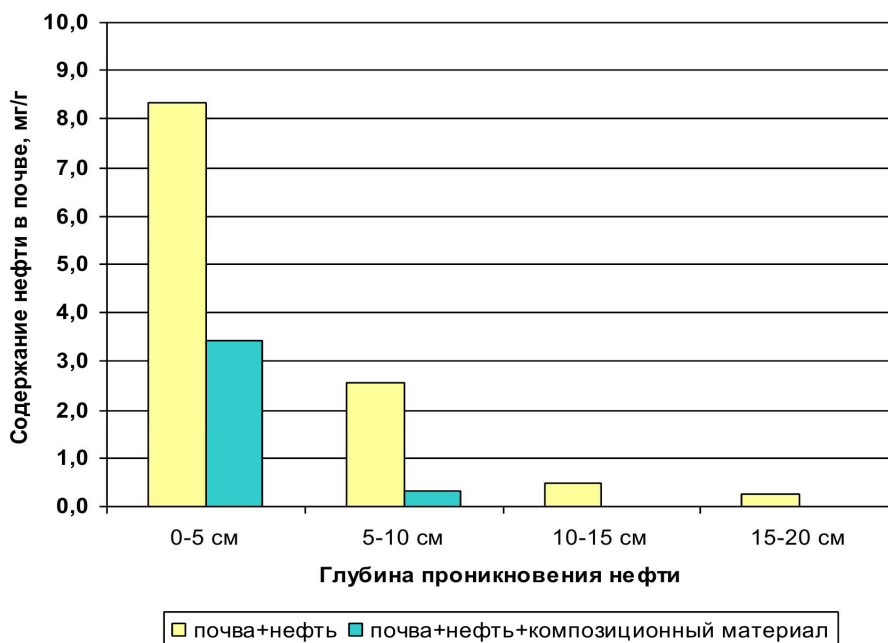


Рисунок – Влияние композиционного материала с микроорганизмами-деструкторами на миграцию нефти по почвенному профилю

В мировой практике для контроля за восстановлением нефтезагрязненных земель одновременно проводится посев тех же культур по аналогичной технологии на контрольном (незагрязненном) участке на буферной площади между нефтезагрязненным участком и землями, используемыми для хозяйственных целей [1]. Если зарастание на загрязненном участке составляет не менее 75 % площади земель по сравнению с зарастанием на контрольном участке, то рекультивационные работы считаются законченными [2, п. 8.3.22.7]. Как следует из данных таблицы, площадь зарастания травяной растительностью на опытных делянках с применением торфа составила 37,5 %, с применением культуры микроорганизмов-деструкторов нефти – 62,5, а с применением композиционного материала – 87,5 % по сравнению с незагрязненной почвой.

Таким образом, применение композиционного материала в сочетании с микроорганизмами-деструкторами нефти позволяет не только достичь степени деградации нефти 93,3 % и снизить степень токсикации растений с 85,5 до 32,5 % по сухой массе по отношению к фону, но также предотвратить миграцию нефти по почвенному профилю.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Доспехов Б. А. Методика полевого опыта / Б. А. Доспехов. – М., 1985.
2. ГОСТ Р 57447-2017 Наилучшие доступные технологии. Рекультивация земель и земельных участков, загрязненных нефтью и нефтепродуктами. Основные положения. – М. : Стандартиформ, 2017. – 32 с.
3. Предельно допустимые концентрации нефтепродуктов в землях (включая почвы) для различных категорий земель: Постановление М-ва здравоохранения Респ. Беларусь, 12 марта 2012 г., № 17/1 // Нац. реестр правовых актов Респ. Беларусь. – 2012. – № 82. – 5/14143.
4. Цыганов А. Р. Новый композиционный материал на основе торфа и микроорганизмов-деструкторов и эффективность его применения для рекультивации нефтезагрязненных земель / А. Р. Цыганов [и др.] // Природопользование. – 2012. – Вып. 21. – С. 288–294.