

В.Л.Богданов, Л.Б.Мухина, Е.Ю.Дмитриева, И.В.Шмелева
Санкт-Петербургский университет

БИОЛОГИЧЕСКАЯ РЕКУЛЬТИВАЦИЯ ЗЕМЕЛЬ, ЗАГРЯЗНЕННЫХ НЕФТЕПРОДУКТАМИ

При биологическом методе рекультивации земель период восстановления техногенно-нарушенной территории зависит от степени загрязнения почвы углеводородами, экологических условий обитания растений и микроорганизмов-деструкторов нефтеуглеводородов. Для луговых фитоценозов установлена пороговая концентрация нефтепродуктов в дерново-подзолистых почвах (3 л/м^2), превышение которой приводит к нарушению жизнедеятельности растений. На участках с такой степенью загрязнения почвы растительный покров начинает формироваться на второй год после техногенного нарушения территории. Присутствие в почве нефтепродуктов в концентрации $4-5 \text{ л/м}^2$ вызывает гибель до 95-100 % естественной флоры. На основе реакции луговых растений можно выделить три степени загрязнения почвы нефтепродуктами: слабое ($1-2 \text{ л/м}^2$), среднее (3 л/м^2) и сильное (более 4 л/м^2). Внесение в загрязненную почву микроорганизмов-деструкторов нефтеуглеводородов способствует повышению всхожести культивируемых растений на 40-50 %. Для восстановления почвенно-растительного покрова на загрязненных участках целесообразно применять биопрепарат «Аурос» и торфокомпост, высевать клевер луговой, клевер белый, ежу сборную, костер безостый, овсяницу луговую, тимopheевку луговую.

By using the biological method of soil recultivation, the period of restoration of technologically polluted areas depends on a degree of soil pollution by hydrocarbons and ecological conditions for plant growing and oil-destroying microorganisms. Investigations of meadow phytocenosis established a threshold concentration of petroleum oils for soils at 3 liters/m^2 , which can lead to stunted plant growth. On the territories with such soil deterioration the plant mantle is formed on the second year after the technogenic breach of the territory. Presence in soils of petroleum oils in concentrations $4-5 \text{ liters/m}^2$ caused death in 95-100 % of natural flora. Results of the analysis allows to pick out three stages of deterioration at the base of meadow plants reaction: low ($1-2 \text{ liters/m}^2$), middle (3 liters/m^2) and high (more than 4 liters/m^2). The introduction of oil-destroying microorganisms into the polluted soils increases for 40-50 % germination of plants. It is advisable to use the bio-fertilizers Auros and Torfocompost to restore soil and vegetation in the polluted areas. For bioremediation of fouled soils it is reasonable to cultivate *Trifolium pratense* L., *Trifolium repens* L., *Dactylis glomerata* L., *Bromus inermis* Leyss., *Festuca pratensis* Huas., *Phleum pratense* L. It was defined that the best biostimulator of soil microflora activation – petroleum oils destructors in conditions of optimum moistenation of soils, is a peat-based compost.

Аварийные разливы нефти и нефтепродуктов приводят к деградации почвенно-растительного покрова и загрязнению водоемов. Наиболее распространенные в современных условиях механические способы очистки почвы из-за высокой стоимости работ имеют ограниченное применение. Кроме того, они малоэффективны при загрязнении почвы нефтепродуктами в невысоких концентрациях (1-5 л/м²).

Биологический способ восстановления почвенно-растительного покрова на загрязненных землях относится к малозатратным. Для повышения его эффективности необходимо решить следующие задачи:

- установить токсичные и предельно допустимую (пороговую) концентрации нефтепродуктов в почве для растений;
- выявить растения, наиболее устойчивые к загрязнению почвенного покрова углеводородами, которые можно культивировать на загрязненных землях;
- изучить экологические условия, влияющие на растения и активизацию микрофлоры, участвующей в деструкции в почве нефтеуглеводородов;
- выделить и ввести в культуру микроорганизмы-деструкторы углеводородов из других сред;
- подобрать биопрепараты, позволяющие активизировать деятельность почвенных микроорганизмов-деструкторов нефтеуглеводородов, и изучить их действие;
- установить продолжительность формирования растительного покрова на землях, загрязненных нефтепродуктами.

Этим актуальным вопросам и посвящены наши исследования, проведенные в Ленинградской области, на территории которой располагаются крупные предприятия по транспортировке и переработке нефти.

Исследования включали лабораторные и полевые эксперименты. Для изучения эффективности использования биопрепарата «Аурос» при биологической рекультивации почв в 1999 г. был заложен полевой опыт в следующих вариантах:

- внесение биопрепарата «Аурос» (125 г/м²) в почву, не загрязненную нефтепродуктами;

- внесение в пахотный слой почвы нефтепродуктов в дозах 1, 2, 3, 4 и 5 л/м² на фоне применения биопрепарата «Аурос» (125 г/м²).

Биопрепарат «Аурос» является новым отечественным продуктом микробиологической переработки отходов рыбной промышленности и целлюлозно-бумажного производства. Он содержит полный комплекс питательных веществ, необходимых для роста и развития растений, а также обладает рядом свойств, отвечающих агротехническим требованиям.

На экспериментальном участке описание самовосстановленной растительности проводилось с 1999 по 2002 г. Результаты исследований показали прямую зависимость формирования растительного покрова от степени загрязнения почвы и от времени, прошедшего с момента загрязнения. В год закладки опыта (1999 г.) лето было засушливым, но, несмотря на это, во всех опытах на почве с содержанием нефтепродуктов от 1 до 5 л/м² наблюдалось поселение луговых растений различных видов и семейств. Проектное покрытие площади этими растениями составило в этот год от 1 до 5 %. Спустя четыре года на этом участке при загрязнении почвы в концентрации нефтепродуктов 1-3 л/м² растительный покров сформировался из тысячелистника обыкновенного, мари белой, сурепицы обыкновенной, подорожника большого, птичьего горца, полыни горькой, бодяка полевого, одуванчика лекарственного, ромашки лекарственной, мятлика лугового. Общее проективное покрытие ими здесь составило от 79 до 92 %. На делянках, где почва была загрязнена нефтепродуктами в концентрации 4-5 л/м², растительный покров был представлен пыреем ползучим, клевером ползучим, одуванчиком лекарственным, бодяком полевым, райграсом пастбищным, овсяницей луговой, полевицей тонкой. Внесение в загрязненную почву биопрепарата «Аурос» способствовало увеличению числа видов растений в фитоценозе.

Для изучения фитодетоксикации нефтеуглеводородов в загрязненных почвах были поставлены эксперименты по выявлению устойчивости культурных видов трав к раз-

личной степени загрязнения почвенного покрова и эффективности биопрепаратов. Полевой эксперимент состоял из следующих вариантов:

- почва, не загрязненная нефтепродуктами;

- почва, загрязненная нефтепродуктами в концентрациях 1, 2, 3, 4 и 5 л/м² на фоне внесения биопрепарата «Аурос» (150 г/м²) и торфокомпоста (6 кг/м²).

В результате экспериментов была установлена предельно допустимая концентрация содержания нефтеуглеводородов в почве (3 л/м²), при превышении которой наблюдается полная гибель растений. Невысокая концентрация нефтепродуктов в почве (1 и 2 л/м², в некоторых случаях 3 л/м²) стимулировала всхожесть семян многолетних трав (мятлик луговой, тимopheевка луговая, овсяница луговая, клевер белый, клевер луговой). Однако спустя месяц после всходов растений на делянках, не обработанных биопрепаратами, наблюдалась частичная гибель этих трав. Наиболее жизнеспособными оказались ежа сборная, костер безостый, овсяница луговая, клевер луговой. Внесение в загрязненную почву биопрепарата и торфокомпоста улучшили условия обитания растений. Кроме того, применение этих биостимуляторов на делянках с высокими концентрациями нефтепродуктов (4 и 5 л/м²) в почве способствовало активизации деятельности почвенной микрофлоры. Так, эксперимент по разложению льняного полотна в загрязненной почве (4 и 5 л/м²) показал, что на делянках, где вносились эти биопрепараты, масса льняного полотна спустя полтора месяца после постановки опыта уменьшилась соответственно на 70,9 и 88 %, тогда как на незагрязненной почве, где не применялись биопрепараты, масса льняного полотна уменьшилась только на 63 %.

Микробиологический анализ почвы на экспериментальных участках показал, что дерново-подзолистые почвы содержат микроорганизмы-деструкторы нефтеуглеводородов в количестве не менее 10⁴ КОЕ на 1 г почвы. В результате выделения, очистки из сред микрофлоры в культуру было введено 16 штаммов микроорганизмов-деструкторов

нефтеуглеводородов. Введение их в почву в виде водного раствора обеспечило повышение всхожести культурных видов трав на почвах, загрязненных нефтепродуктами, на 50 % по отношению к контрольному опыту и способствовало увеличению площади общего проективного покрытия растениями на 42-45 %.

Исследования позволили выявить комплекс мероприятий биологического метода рекультивации земель, загрязненных нефтепродуктами. Состав технологических операций следующий:

- природно-климатическая оценка условий проведения рекультивации загрязненных земель;

- оценка степени загрязнения почвы нефтепродуктами;

- глубокое рыхление почвы с использованием плугов и фрезерных машин;

- внесение в почву микроорганизмов-деструкторов нефтеуглеводородов типа штамма 32 в виде водного раствора;

- внесение в почву биопрепарата «Аурос» (не менее 150 г/м²) или торфокомпоста (не менее 6 кг/м²) совместно с комплексным минеральным удобрением типа азофоска (не менее 30 г/м²);

- вспашка почвы с последующим дискованием и боронованием;

- предпосевное внесение питательных веществ в почву в виде минеральных удобрений;

- посев устойчивых к загрязнению видов многолетних трав (ежа сборная, костер безостый, тимopheевка луговая, овсяница луговая, клевер белый, клевер луговой);

- прикатывание посевов;

- поддержание водного режима почвы в пределах оптимальной влажности для растений (60-80 % от полной влагоемкости).

Эффективность данного метода рекультивации зависит от периода, прошедшего с момента загрязнения почвы до реализации мероприятий по ее очистке. Этот период должен составлять не менее 1 месяца, так как легкие токсичные фракции нефтепродуктов за это время частично улетучиваются в воздух и вымываются поверхностными

водами в нижележащие почвенные горизонты, тем самым снижая их концентрацию в верхнем корнеобитаемом слое.

Выводы

1. Установлена токсичная и пороговая концентрации нефтепродуктов в почве для луговых фитоценозов.

2. Выявлены естественные виды луговых растений, участвующие в первую очередь в формировании растительного покрова на загрязненных нефтепродуктами почвах.

3. Установлены и предложены культурные виды луговых трав, которые целесооб-

разно возделывать для фитодетоксикации углеводородов в почве при рекультивации земель.

4. Получены штаммы микроорганизмов-деструкторов нефтеуглеводородов, которые можно использовать для очистки почв от загрязнения.

5. Изучено действие биопрепарата «Аурос» и торфокомпоста на активизацию процессов восстановления почвенно-растительного покрова.

6. Предложен комплекс технологических операций для проведения биологической рекультивации земель, загрязненных нефтепродуктами.