

**ОСОБЕННОСТИ БИОРЕМЕДИАЦИИ НЕФТЕЗАГРЯЗНЕННЫХ ПОЧВ**

© 2011 В.В. Смольникова, Д.М. Дементьева, М.С. Дементьев

Северо-Кавказский государственный технический университет, г. Ставрополь

Поступила в редакцию 11.05.2011

Рассмотрены негативные последствия загрязнения среды обитания человека нефтью и нефтепродуктами, влияние углеводородного загрязнения на здоровье человека и состояние почвенных экосистем. Обоснована возможность использования дождевых червей в процессах биоремедиации нефтезагрязненных почв.

Ключевые слова: *углеводородное загрязнение почв, дождевые черви*

Загрязнение окружающей среды нефтью и нефтепродуктами является глобальной экологической проблемой. Только в России потери сырой нефти составляют до 5% от ее общей добычи. Обычно загрязнение почв превышает фоновое в десятки раз. В частности, выброс нефтепродуктов на железнодорожных путях составляет не менее 330 млн. т/год, на нефтебазах – 80 млн. т/год, на нефтеперерабатывающих заводах до 100 млн. т/год [1, 2]. Попадая в окружающую среду даже в незначительных количествах нефть вызывает депрессию флоры и фауны. При этом нарушается природное соотношение между отдельными группами микроорганизмов, угнетаются процессы азотфиксации и нитрификации, нарушается баланс почвенных ферментов, происходит накопление трудноокисляемых продуктов, что, в конце концов снижает биопродуктивность почв, снижает уровень здоровья населения. Естественное самоочищение происходит за очень длительный период – 25 и более лет, но в реальности оно невозможно, так как поступление нефтепродуктов не прекращается. Зольная часть нефти представляет собой остаток, образующийся при сжигании нефти. Это различные минеральные соединения, чаще всего железо, никель, ванадий, иногда соли натрия. Хотя доля этих веществ не велика, но они могут накапливаться в растениях и в дальнейшем попадать к человеку, вызывая заболевания. В результате аварийного разлива сырой нефти происходит полное подавление метаболического потенциала биологических объектов — растений, грибов, насекомых, червей и других организмов. Содержание химических элементов в цепочке: горные породы – почвы – воды – растения – животные – человек обусловлено закономерностями циклов биогенной

миграции химических элементов. Определяющими факторами миграции и перераспределения химических элементов на поверхности Земли являются вода и атмосферная циркуляция. Химическое загрязнение окружающей среды представляет опасность не только для ныне живущих людей, но и для будущих поколений за счет токсического влияния на репродуктивную функцию человека.

В мировой практике для очистки окружающей среды от углеводородов нефти используются в основном механические, термические, физико-химические и химические методы [3, 4]. Особенно нежелательными являются методы, связанные с перемещением нефтезагрязненных субстратов. К основным недостаткам всех вышеперечисленных методов относится их высокая стоимость, сложное аппаратное оформление процесса, возможность загрязнения моющими средствами и промывочными растворами и уничтожение аборигенной биоты, что препятствует осуществлению процессов самоочищения. Более перспективным нам представляется совершенствование методов очистки почв направленные на интенсификацию процессов природной дегградации нефтяных продуктов до нетоксичных продуктов. В этих процессах участвует множество живых организмов. Общеизвестно, что главенствующую роль в почвообразовании имеют дождевые черви. Установлено, что дождевые черви способны выполнять свои экологические функции в нефтезагрязненных почвах с низкими начальными концентрациями углеводородов нефти в субстрате. Так же было определено, что применение комплекса биоремедиационных мероприятий позволяет сформировать адаптированный почвенный биоценоз в условиях и высокого уровня углеводородного загрязнения [5, 6].

Важнейшим условием старта процесса биоремедиации является ликвидация поверхностного нефтяного барьера, а также снижение общей концентрации нефти в почве до уровня, хотя бы в минимальной степени обеспечивающего жизнедеятельность живых организмов в почве. После проведения механического сбора нефти с поверхности почвы, на ней, как было установлено,

*Смольникова Валерия Владимировна, кандидат биологических наук, доцент кафедры технологии переработки нефти и промышленной экологии. E-mail: wvinnik@mail.ru*

*Дементьева Диана Михайловна, кандидат медицинских наук, доцент кафедры защиты окружающей среды в чрезвычайных ситуациях*

*Дементьев Михаил Сергеевич, доктор сельскохозяйственных наук, профессор кафедры технологии переработки нефти и промышленной экологии. E-mail: dement@mail.ru*

остается гидрофобная воздухо непроницаемая корка толщиной до 3-5 мм. Кроме этого, ниже этой корки находится наиболее нефтенасыщенный почвенный горизонт толщиной до 0,2-0,25 м. При этом следы нефти могут встречаться до 0,8-1 м и даже глубже. Этот физико-химический барьер реально препятствует возможности использования биоремедиационного потенциала почвенных экосистем. Снижение остаточной концентрации углеводородов после первичной обработки проще всего достигается за счет ее перемешивания. Таким образом, нефть будет более равномерно распределена по загрязненному объему. При этом средняя концентрация углеводородов нефти изменяется незначительно, в частности, за счет испарения летучих компонентов. Однако в верхних слоях начальная концентрация значительно уменьшится. Таким образом, средняя концентрация нефти во всем объеме загрязненной почвы окажется снижена почти в 2 раза. Тем не менее, этот уровень все равно остается высоким (10 г/кг) и не позволяет использовать биоремедиацию. Поэтому снижение концентрации нефти до приемлемых для жизнедеятельности различных биологических объектов значений может быть достигнуто внесением разбавляющей добавки в виде не загрязненных нефтью веществ. Перемешивание почвы и добавок возможно, например, при помощи плантажного плуга и других аналогичных почвообрабатывающих средств.

Эксперименты показали, что этих мероприятий не всегда достаточно для активации процессов биоремедиации, особенно если они проводятся в разовом варианте. Структуру почвы можно улучшить в случае внесения очень больших объемов чистых субстратов и многократного перемешивания. Например, чтобы уменьшить концентрацию нефти вдвое необходимо поместить на поверхность почвы слой добавок высотой до 0,7-0,8 м, а затем регулярно перемешивать для предотвращения повторного ухудшения структуры почвы. Площадь нефтезагрязненных пространств (аварийные разливы и фоновое загрязнение) в некоторых случаях может оказаться столь велика, что возникает вопрос о поиске достаточных объемов чистых субстратов, поэтому применение только механических мероприятий по снижению нефтяного загрязнения почв необходимо признать недостаточно обоснованным.

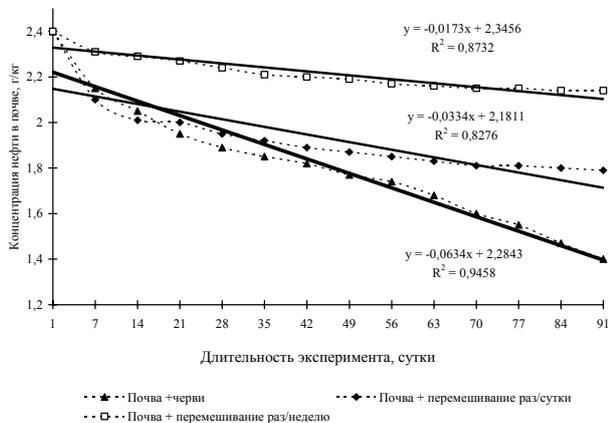
Ранее нами был предложен [7] комплексный подход к данной проблеме. В частности, первоначально для устранения эффекта слипания почв и других негативных последствий было предложено в качестве биотехнического средства для постоянного и даже круглосуточного перемешивания нефтезагрязненных почв использовать дождевых червей. В этой связи появилась необходимость изучения экологических и биомеханических свойств дождевых червей, в условиях углеводородного загрязнения почв. Трудно себе представить реальность постоянного (круглосуточного) в течение многих месяцев перемешивания почв

путем, например, пахоты, дискования и т.д. Вместе с тем еще со времен Ч. Дарвина [8] известно, что эту функцию с успехом выполняют многие педобионты. Особо важную роль в этом процессе играют дождевые черви, которые по нашим наблюдениям относятся к наиболее толерантным животным к условиям нефтяного загрязнения. Создавая глубокие ходы, укрепленные водостойким выделениями, черви обеспечивают постоянный доступ кислорода в глубокие почвенные слои. Кроме того, они способствуют разрыхлению субстрата и формированию его зернистой структуры за счет транзита почвенных масс через свою пищеварительную систему. В результате этого увеличивается площадь соприкосновения почвы и воздуха. При перемещении черви также переносят с места на место частички почвы, а за счет выделения извести способствуют повышению щелочности почв. Дождевые черви являются источником пополнения почв минеральными веществами за счет биохимического разложения органических веществ [9, 10].

Таким образом, именно дождевые черви могут служить аналогом различных технических средств для решения задач, связанных с биоремедиацией почв. В частности, было установлено, что в течение суток каждый дождевой червь пропускает через себя количество почвы не менее массы самого червя. В условиях наших экспериментов (плотность посадки – 15-30 экз/кг, масса червей – 0,6-1 г) это означает, что изученные виды червей пропускают через свой кишечник килограмм почвы за 1,5-2 месяца. С учетом передвигаемых объемов почв в целом (увеличение передвигаемых объемов из сравнения среднего диаметра тела червя и диаметра его кишечника – в соотношении от 1 : 3 до 1 : 5) полное перемешивание этого объема почвы (1 кг) с помощью червей может происходить за 1,5-2,5 недели.

Было необходимо доказать возможность червей перемешивать почву именно в условиях нефтяного загрязнения в сравнении с чисто техническими средствами. С этой целью в ставропольский чернозем внесли сырую нефть ставропольских месторождений из расчета 2,5 г/кг (верхний предел низкого уровня загрязнения). Дождевых червей вносили из расчета 15 экз/кг. Определение содержания нефти в субстратах измеряли еженедельно. Измерение средней массы червей и визуальную оценку их состояния осуществляли в конце эксперимента. Длительность эксперимента с червями составила 180 дней (с мая по октябрь), а без их использования 91 день. Было установлено (рис. 1), что за первую неделю эксперимента во всех случаях наблюдается существенное снижение концентрации нефти в почве – от 3,8% при редком перемешивании до 14,3% при частом перемешивании, а с использованием червей – 11,6%. По нашему мнению это во многом связано с улетучиванием легких фракций в начальный период загрязнения нефтью. В последующие периоды эксперимента, после испарения летучих фракций

нефти, адаптации червей, естественного отбора наиболее устойчивых особей, а также рождения новых особей был выявлен эффект постоянного наращивания биоремедиационных качеств дождевых червей. При этом было показано, что только механического перемешивания почвы, даже ежедневного, недостаточно для эффективного биоразложения.



**Рис. 1.** Изменение содержания нефти в черноземе при различных условиях перемешивания

После 3 месяцев этот эксперимент был продолжен только при использовании червей и перемешивании раз в неделю. Фактически было установлено, что при относительно низких уровнях загрязнения (2-3 г/кг) только одно заселение в почву дождевых червей при благоприятных природных условиях достаточно для снижения концентрации нефти до 0,4 г/кг всего за один сезон (180 суток). Эта величина ниже установленного [11] значения для низкого уровня загрязнения почв нефтью.

**Выводы:** показана возможность использования дождевых червей при осуществлении биоремедиационных мероприятий. Кроме того, появляется возможность сгладить отрицательные последствия повторного попадания нефти в природные экосистемы за счет формирования в них симбиотического фаунистического комплекса, устойчивого к этому фактору среды. Очистка

почвы от нефтепродуктов с использованием биотического потенциала биологических объектов позволит значительно улучшить экологическую обстановку на обработанных территориях.

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ:

1. *Голдовская, Л.Ф.* Химия окружающей среды: учебник для вузов / *Л.Ф. Голдовская.* – М.: Мир, 2005. 296 с.
2. *Орлов, Д.Г.* Химическое загрязнение почв и их охрана / *Д.Г. Орлов, М.С. Малинина, Г.В. Мотузова.* – М.: Агропромиздат, 1991. 303 с.
3. *Аренс, В.Ж.* Нефтяные загрязнения: как решить проблему / *В.Ж. Аренс, О.М. Гридин, А.Л. Янин* // Экология и промышленность России. 1999. №9. С. 33-36.
4. Справочник. Технологии восстановления почв, загрязненных нефтью и нефтепродуктами / *С. Миертус* и др. – М.: РЭФИА НИА «Природа», 2001. 185 с.
5. *Винник, В.В.* Выживание дождевых червей (*Lumbricus rubellus* L.) в почвах, загрязненных сырой нефтью / *В.В. Винник (Смольникова), С.Н. Овчаров, М.С. Дементьев* // Объединенный научный журнал. 2003, ноябрь. №27 (85). С. 72-74.
6. *Смольникова, В.В.* Особенности биологической очистки субстратов с использованием вермикультуры в условиях нефтяного загрязнения / *В.В. Смольникова* // Известия вузов. Северо-Кавказский регион. Технические науки. 2010. № 1 (153). С. 106-110.
7. *Винник, В.В.* Перспективы использования вермикультуры для восстановления нефтезагрязненных почв / *В.В. Винник (Смольникова), С.Н. Овчаров, М.С. Дементьев* // Известия вузов. Северо-Кавказский регион. Технические науки. 2004. №3 (127). С. 106-107.
8. Образование растительного слоя земли деятельностью дождевых червей и наблюдения над их образом жизни / *Ч. Дарвин* // Собр. соч. Т. 2 / Ч. Дарвин. – М.-Л., 1936. С. 115-238.
9. *Догель, В.А.* Зоология беспозвоночных / *В.А. Догель.* – М.: Высшая школа, 1975. 560 с.
10. *Шмидт-Ниельсен, К.* Физиология животных. В 2-х кн. / *К. Шмидт-Ниельсен.* – М.: Мир, 1982. Кн. 1. 416 с. Кн. 2. 384 с.
11. Методика определения ущерба окружающей природной среде при авариях на магистральных нефтепроводах / утвержден Минтопэнерго РФ 01.11.95 г. – М., 1996. 68 с. // КонсультантПлюс.

## FEATURES OF BIOREMEDIATION OF PETROPOLLUTED SOILS

© 2011 V.V. Smolnikova, D.M. Dementyeva, M.S. Dementyev

North Caucasian State Technical University, Stavropol

Negative consequences of pollution the peoples inhabitancy by oil and oil products, influence of hydrocarbonic pollution on person's health and condition of soil ecosystems are considered. Possibility of use the earthworms in processes of bioremediation of petropolluted soils is proved.

Key words: hydrocarbonic pollution of soils, earthworms

*Valeriya Smolnikova, Candidate of Biology, Associate Professor at the Department of Oil Refining Technology and Industrial Ecology. E-mail: wvinnik@mail.ru; Diana Dementyeva, Candidate of Medicine, Associate Professor at the Department of Environment Protection in Extreme Situations; Mikhail Dementyev, Doctor of Agriculture, Professor at the Department of Oil Refining Technology and Industrial Ecology. E-mail: dement@mail.ru*