

**ЭКОЛОГИЧЕСКИЙ МОНИТОРИНГ ЗАГРЯЗНЕНИЯ ПОЧВЫ
НЕФТЕСОДЕРЖАЩИМИ ОТХОДАМИ**

© 2015 А.В. Васильев, Д.Е. Быков, А.А. Пименов

Самарский государственный технический университет, г. Самара

Поступила 15.01.2015

В статье рассматриваются источники загрязнения почв нефтью и нефтепродуктами и методы экологического мониторинга загрязнения почв нефтесодержащими отходами. Анализируются результаты проведения экспериментальных исследований по определению степени токсичности почв, загрязнённых нефтепродуктами, с использованием биологических тест-объектов: зеленой протококковой водоросли хлорелла (*Chlorella vulgaris Beijer*) и рачков *Daphnia magna Straus*. Проведенные исследования подтверждают высокую опасность токсического загрязнения почв нефтесодержащими отходами.

Ключевые слова: токсическое загрязнение, почва, нефтепродукты, отходы, мониторинг, биотестирование, тест-объекты

ВВЕДЕНИЕ

Нефтепродукты обладают высокой степенью токсичности и представляют большую опасность как для человека, так и для биосферы в целом [1 - 11]. Одной из наиболее острых проблем является негативное воздействие на почву нефтесодержащих отходов. Негативное воздействие нефтесодержащих отходов и нефтепродуктов на почву может привести к необратимому изменению химического состава, физических, биохимических и микробиологических свойств почвы, определяющих в том числе её плодородие. При этом наиболее негативные последствия может вызвать токсикологическое загрязнение почв нефтесодержащими отходами.

Для эффективного устранения последствий загрязнения почвы нефтепродуктами необходимо проводить оценку и контроль загрязнений. В настоящее время существует ряд подходов к проведению экологического мониторинга токсического загрязнения почв нефтепродуктами. При этом необходимо учитывать, что почва как среда обитания составляет единую систему с населяющими ее популяциями разных организмов.

В настоящей статье авторы описывают особенности и результаты экологического мониторинга токсического загрязнения почвы нефтесодержащими отходами.

Анализ источников загрязнения почв нефтью и нефтепродуктами и методов экологического мониторинга почв. В связи с широким использованием нефти и нефтепродуктов в самых различных отраслях промышленности, на транс-

порте и в быту они оказывают негативное воздействие на обширные участки почвенного покрова.

Область распространения нефти и нефтепродуктов не ограничивается только теми участками, на которых осуществляется непосредственное использование нефти и нефтепродуктов. Даже в районах, свободных от хозяйственной деятельности человека (заповедники, национальные парки и пр.), углеводороды могут транспортироваться с воздушными и водными потоками и загрязнять территории.

Источники загрязнения почв нефтью и нефтепродуктами можно разделить на локальные (импактные) и комплексные. Импактные загрязнения могут создавать значительную единовременную нагрузку на почву, воду и наносить большой ущерб здоровью человека и окружающей среде. Комплексные источники могут представлять собой совокупность локальных источников и отличаться более высокой продолжительностью и масштабностью воздействия.

К основным потенциальным источникам загрязнения почв нефтью и нефтепродуктами можно отнести наземные транспортные средства, нефтехранилища, нефтепромыслы, нефтепроводы, нефтеперерабатывающие предприятия, а также транспорт, перевозящий нефтепродукты.

К локальным (импактным) источникам загрязнения почв нефтью и нефтепродуктами можно отнести наземные транспортные средства, нефтеперерабатывающие предприятия, заводы и нефтехранилища. При этом единовременные выбросы на почву могут быть относительно невелики, но их постоянное действие может создавать значительный ареал устойчивого загрязнения почв.

Нефтепроводы, по которым перекачиваются нефть и нефтепродукты, можно рассматривать как наиболее распространенные источники загрязнения почв. При этом наиболее серьезные последствия загрязнения почв возникают при авариях нефтепроводов.

На территориях нефтепромыслов главными источниками загрязнения являются эксплуатационные и разведочные скважины, из которых про-

Андрей Витальевич Васильев, доктор технических наук, профессор, ecology@samgtu.ru; Дмитрий Евгеньевич Быков, доктор технических наук, профессор, ректор Самарского государственного технического университета, rector@samgtu.ru; Андрей Александрович Пименов, кандидат химических наук, andrpimenov@yandex.com

исходят аварийные выбросы. На отдельных промыслах число таких скважин достигает нескольких сот. На нефтепромыслах имеются и другие источники загрязнения: трубопроводы, сборные пункты, хранилища, пункты подготовки нефти. В зависимости от положения нефтепромысла в ландшафтно-геохимической системе потоки нефти и нефтяных вод могут захватывать и смежные территории.

Выбор методов экологического мониторинга почв при воздействии нефтесодержащих отходов и нефтепродуктов должен производиться с учетом имеющихся источников загрязнения почв и видов загрязнения почв: химических, биохимических, микробиологических и др. При этом следует учитывать, что для оценки состояния почвы в варьирующихся условиях окружающей среды важное значение приобретают не только количественные характеристики загрязнений, но и их последствия.

При определении агрохимических свойств почвы используются методики определения в почве углерода, подвижного фосфора, нитратного азота, аммиачного азота, сульфатов. Для оценки последствий загрязнения характеристики на загрязненных участках почвы обычно сравниваются с такими же характеристиками на аналогичных незагрязненных участках.

При мониторинге загрязнения почв следует уделять особое внимание не только установлению текущих величин загрязнений по тем или иным параметрам, но и прогнозированию последствий загрязнений. Проведенный анализ показывает, что при мониторинге почв существенной является оценка влияния токсичных загрязнений на наиболее важные физико-химические свойства почв. В связи с этим необходимо определять характеристики этих свойств и тенденции их изменения во времени.

Анализ существующих методов экологического мониторинга почв показывает, что в силу высокой стоимости и технологической сложности применение ряда из них является ограниченным. Поэтому эффективным подходом для определения степени токсичности почв, загрязнённых продуктами переработки нефти, является использование методов биоиндикации и биотестирования.

Биологический мониторинг, предполагающий использование организмов-индикаторов или целых сообществ для оценки экологических условий (чаще загрязнений среды человеком) является одной из разновидностей мониторинга состояния биосферы и ее отдельных компонентов.

В настоящее время существует ряд современных подходов к проведению биотестирования токсичности почв (например, молекулярно-биологические тесты качества среды), но в силу высокой технологической сложности и стоимости их применение оказывается ограниченным. Эффективным и сравнительно недорогим подходом

для определения токсичности почв, загрязнённых продуктами переработки нефти, является использование методов биотестирования.

Биотестирование может эффективно использоваться для оценки токсичности тех или иных компонентов, вносимых в биосферу. Токсичность среды обитания устанавливается с использованием биологических объектов (тест-организмов) для выявления степени токсичности тех или иных веществ или их суммарного воздействия.

В основе экологического мониторинга токсического загрязнения почвы с использованием биологических тест-объектов лежит представление о том, что почва как среда обитания составляет единую систему с населяющими ее популяциями разных организмов. Загрязнение почвы вызывается различными по масштабу и территориальному распространению поллютантами, влияющими на почву, почвенную биоту, совокупное состояние почвенной экосистемы.

Так как наиболее негативные последствия вызывает токсикологическое загрязнение почв нефтесодержащими отходами, необходимо также разработать методику оценки токсикологических характеристик нефтесодержащих отходов.

Биотестирование токсического загрязнения почвы с использованием зеленой протококковой водоросли хлорелла и рачков *Daphnia magna straus*. В качестве тест-объектов для проведения исследований по токсическому загрязнению почвы нефтепродуктами и другими токсикантами целесообразно использовать зеленую протококковую водоросль хлорелла (*Chlorella vulgaris* Beijer) и рачки *Daphnia magna Straus* [2, 4-10].

Методика определения острой токсичности проб по изменению оптической плотности тест-культуры зеленой протококковой водоросли хлореллы (*Chlorella vulgaris* Beijer) основана на регистрации различий в оптической плотности тест-культуры водоросли хлореллы, выращенной на среде, не содержащей токсических веществ (контроль) и тестируемых проб поверхностных пресных, грунтовых, питьевых, сточных вод, водных вытяжек из почвы, осадков сточных вод и отходов (опыт), в которых эти вещества могут присутствовать. Измерение оптической плотности суспензии водоросли позволяет оперативно контролировать изменение численности клеток в контрольном и опытном вариантах острого токсикологического эксперимента, проводимого в специализированном многокюветном культиваторе. Критерием токсичности воды является снижение на 20% и более (подавление роста) или увеличение на 30% и более (стимуляция роста) величины оптической плотности культуры водоросли, выращиваемой в течение 22 часов на тестируемой воде по сравнению с ее ростом на контрольной

среде, приготовленной на дистиллированной воде.

Методика ПНД Ф Т 14.1:2:4.12-06, 16.1:2:3:3.9-06 основана на определении смертности дафний (*Daphnia magna Straus*) при воздействии токсических веществ, присутствующих в исследуемой среде, по сравнению с контрольной культурой в пробах, не содержащих токсических веществ (контроль).

Острое токсическое действие исследуемой на дафний определяется по их смертности (летальности) за определенный период экспозиции. Критерием острой токсичности служит гибель 50 % и более дафний за 48 часов в исследуемой пробе при условии, что в контрольном эксперименте все рачки сохраняют свою жизнеспособность.

Авторами был проведен цикл биотестов различных образцов почвы, загрязненных нефтепродуктами и другими токсикантами. Установлено, что исследованные пробы почвы обладают высокой токсичностью и гипертоксичностью. Например, для проб почвы, взятых возле цистерн на железнодорожных путях на территории бывшего ОАО "Фосфор"(г.о. Тольятти), получены следующие результаты биотестирования [4].

1. Проба 1

1.1. Исследованная проба оказывает гипертоксическое действие на тест-объект *Daphnia magna Straus*. Действие испытано в диапазоне концентраций 0,011% - 1%. Смертность тест-объекта 100% наблюдается в течение нескольких минут после начала биотестирования при любой концентрации из диапазона.

1.2. Исследованная проба оказывает гипертоксическое действие на тест-объект водоросли хлорелла. Критерий токсичности превышен при всех кратностях разбавления, в том числе при максимальной в 400 раз (концентрация - 0,25%). При концентрации исследуемой пробы 0,25% наблюдается подавление роста водоросли хлорелла на 77% по сравнению с контрольной пробой. При более высоких концентрациях рост водоросли полностью подавляется.

2. Проба 2

2.1. Исследованная проба оказывает гипертоксическое действие на тест-объект *Daphnia magna Straus*. Действие испытано в диапазоне концентраций 0,12% - 10%. При концентрации 10% наблюдается 100% смертность тест-объекта в течение нескольких минут после начала биотестирования. При концентрации 0,12% наблюдается 100% смертность тест-объекта через 3-4 часа после начала биотестирования.

Таблица 1. Результаты биотестирования по тест-объекту хлорелла

Марка СОЖ	Оценка тестируемой пробы	Качество воды	Величина токсической кратности разбавления
-----------	--------------------------	---------------	--

Марка СОЖ	Оценка тестируемой пробы	Качество воды	Величина токсической кратности разбавления
СОЖ ВЕЛС-1М	Оказывает острое токсическое действие	Гипертоксичная	379
СОЖ АВТО КАТ Ф-78	Оказывает острое токсическое действие (кратность разведения – 243 раза)	Гипертоксичная	537
СОЖ АВТО КАТ Ф-40	Оказывает острое токсическое действие (кратность разведения – 243 раза)	Гипертоксичная	616

2.2. Исследованная проба оказывает гипертоксическое действие на тест-объект водоросли хлорелла. Наблюдается стимулирующее воздействие на рост тест-культуры. Уже при концентрации пробы 0,11% (разбавление в 900 раз) стимулирующее воздействие превышает критерий токсичности и составляет 45% по сравнению с контролем. Таким образом, пробу можно считать гипертоксичной. Величина токсической кратности разбавления для данной пробы составляет 2100 раз.

Результаты мониторинга токсикологического воздействия смазочно-охлаждающих жидкостей (СОЖ) методами биотестирования представлены в таблице 1 (тест-объект - хлорелла) и в таблице 2 (тест-объект - дафния). В результате биотестирования установлены токсикологические характеристики для различных марок СОЖ.

Таблица 2. Результаты биотестирования по тест-объекту дафния

Марка СОЖ	Продолжительность наблюдения	Оценка тестируемой пробы	Безвредная кратность разбавления	Примечание
СОЖ ВЕЛС-1М	48 часов	Оказывает острое токсическое действие	636	Гибнет 10% тест-объектов
СОЖ АВТО КАТ Ф-78	48 часов	Оказывает острое токсическое действие	258	
СОЖ АВТО КАТ Ф-40	48 часов	Оказывает острое токсическое действие	329	

Анализ полученных результатов показывает, что отработавшие СОЖ наиболее распространенных марок обладают гипертоксичностью и оказывают значительное негативное воздействие на человека и биосферу.

Результаты биотестирования степени токсичности почвы, загрязненной нефтепродуктами,

также показывают, что степень токсичности почвы сильно варьируется в зависимости от глубины отбора пробы.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Проведенный анализ источников загрязнения почв нефтью и нефтепродуктами показывает, что к основным потенциальным источникам можно отнести наземные транспортные средства, нефтехранилища, нефтепромыслы, нефтепроводы, нефтеперерабатывающие предприятия, а также транспорт, перевозящий нефтепродукты.

Анализ существующих методов экологического мониторинга почв показывает, что в силу высокой стоимости и технологической сложности применение ряда из них является ограниченным. Поэтому эффективным подходом для определения степени токсичности почв, загрязненных продуктами переработки нефти, является использование методов биоиндикации и биотестирования.

Результаты проведенного авторами цикла биотестов различных образцов почв, загрязненных нефтепродуктами, показывают, что исследованные пробы почвы обладают высокой токсичностью и гипертоксичностью.

Таким образом, проведенные исследования подтверждают высокую опасность токсического загрязнения почв нефтесодержащими отходами и необходимость осуществления экологического мониторинга загрязнения почв нефтепродуктами и нефтесодержащими отходами. При этом для определения токсического загрязнения почв эффективным является использование методов биоиндикации и биотестирования.

Работа выполнена по заданию Министерства образования и науки РФ на выполнение НИР "Разработка ресурсосберегающих технологий утилизации отходов производства и потребления". Код проекта 2006."

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Быков Д.Е.* Комплексная многоуровневая система исследования и переработки промышленных отходов. Самара, 2003.
2. *Васильев А.В.* Обеспечение экологической безопасности в условиях городского округа Тольятти: учебное пособие. Изд-во Самарского научного центра РАН, 2012. 201 с., ил.
3. *Васильев А.В.* Кластерный подход в управлении региональным развитием и его реализация на примере кластера вторичных ресурсов Самарской области // Вест. Самарского экономич. ун-та. 2014. № 114. С. 38-42.
4. *Васильев А.В.* Исследование токсичности органических отходов на территории бывшего ОАО "Фосфор". В сборнике: ELPIT-2013 // Экология и безопасность жизнедеятельности промышленно-транспортных комплексов. Сборник трудов IV международного экологического конгресса (VI Международной научно-технической конференции). Научный редактор: А.В. Васильев. 2013. С. 46-51.
5. *Васильев А.В., Васильева Л.А.* К вопросу о системном обеспечении экологической безопасности в условиях современного города // Изв. Самар. НЦ РАН. 2003. Т. 5. № 2. С. 363-368.
6. *Васильев А.В., Мельникова Д.А., Дегтерева М.С.* Особенности организации системы обращения с отходами в условиях Самарской области // Изв. Самар. НЦ РАН. 2014. Т. 16. № 1-1. С. 313-316.
7. *Васильев А.В., Пименов А.А.* Особенности экологического мониторинга нефтесодержащих отходов // Академический журнал Западной Сибири. 2014. Т. 10. № 4. С. 15.
8. *Васильев А.В., Тупицына О.В.* Экологическое воздействие буровых шламов и подходы к их переработке // Изв. Самар. НЦ РАН. 2014. Т. 16. № 5. С. 308-313.
9. *Заболотских В.В., Васильев А.В.* Мониторинг токсического воздействия на окружающую среду с использованием методов биоиндикации и биотестирования: монография. Самара, 2012.
10. *Заболотских В.В., Васильев А.В., Терещенко Ю.П.* Комплексный мониторинг антропогенного загрязнения в системе обеспечения экологической безопасности города // Вектор науки Тольяттинского государственного университета. 2012. № 2. С. 58-62.
11. *Почвенно-экологический мониторинг и охрана почв / под ред. Д. С. Орлова. М.: Изд-во МГУ, 1994. 271 с.*

ECOLOGICAL MONITORING OF POLLUTION OF THE SOILS BY OILY WASTE

© 2015 A.V. Vasilyev, D.E. Bykov, A.A. Pimenov

Samara State Technical University, Samara

In article sources of methods of ecological monitoring of toxicity pollution of soils by oil products containing waste are considered. Results of experimental researches by definition of degree of toxicity of the soils polluted by oil products by using of biological test-objects *Chlorella vulgaris Beijer* and *Daphnia magna Straus* are considered. Results of researches are proving high danger of toxicity pollution of soils by oily waste.

Key words: toxicity pollution, soil, oil products, waste, monitoring, biological testing, test-objects