

## АНАЛИЗ ОСОБЕННОСТЕЙ И ПРАКТИЧЕСКИЕ РЕЗУЛЬТАТЫ ЭКОЛОГИЧЕСКОГО МОНИТОРИНГА ЗАГРЯЗНЕНИЯ ПОЧВЫ НЕФТЕСОДЕРЖАЩИМИ ОТХОДАМИ

© 2014 А.В. Васильев, Д.Е. Быков, А.А. Пименов

Самарский государственный технический университет

Поступила в редакцию 13.01.2014

В статье рассматриваются основные особенности экологического мониторинга загрязнения почв нефтесодержащими отходами на основе использования различных тест-объектов. Авторами были проведены экспериментальные исследования по определению степени токсичности почв, загрязнённых нефтепродуктами, с использованием биологических тест-объектов: зеленой протококковой водоросли хлореллы (*Chlorella vulgaris Beijer*) и рачков *Daphnia magna Straus*. В результате опытов была установлена степень токсичности почв. Проведенные исследования подтверждают эффективность использования методов биотестирования для определения токсического загрязнения почв нефтепродуктами.

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

### 1. ВВЕДЕНИЕ

Нефтепродукты обладают высокой степенью токсичности и представляют большую опасность как для человека, так и для биосферы в целом [1, 2, 4, 6].

Загрязнение почвы нефтепродуктами может привести к целому ряду негативных последствий:

- нарушению экологического равновесия в почвенном биоценозе;
- негативному воздействию на живые организмы в почве;
- угнетению или деградации растительного покрова;
- изменению структуры почвы, уменьшению аэрируемости и дренажа;
- снижению продуктивности сельскохозяйственных земель и др.

Для эффективного устранения последствий загрязнения почвы нефтепродуктами необходимо проводить оценку и контроль загрязнений. При этом можно выделить группы нефтепродуктов, различающиеся:

- степенью токсичности по отношению к живым организмам;
- скоростью разложения в окружающей среде;
- особенностями наступивших изменений в биосфере.

При загрязнении почвы нефтепродуктами необходимо учитывать, что почва как среда обита-

ния 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.

В настоящее время существует ряд подходов к проведению экологического мониторинга токсического загрязнения почв, при этом в силу высокой стоимости и технологической сложности и стоимости применение ряда из них оказывается ограниченным. Эффективным подходом для определения степени токсичности почв, загрязнённых продуктами переработки нефти, является использование методов 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

*Андрей Витальевич Васильев, доктор технических наук, профессор, заведующий кафедрой "Химическая технология и промышленная экология". E-mail: avassil62@mail.ru*  
*Дмитрий Евгеньевич Быков, доктор технических наук, профессор, ректор. E-mail: rector@samgtu.ru*  
*Андрей Александрович Пименов, кандидат химических наук, директор научно-аналитического центра промышленной экологии СамГТУ. E-mail: andpimенов@yandex.com*

веществ или их суммарного воздействия.

Биотестирование основано на исследовании эффективности гомеостатических механизмов живых организмов, которые способны уловить присутствие стрессирующего воздействия раньше, чем многие обычно используемые методы. В оптимальных условиях организм реагирует на воздействие среды посредством сложной физиологической системы буферных гомеостатических механизмов. Эти механизмы поддерживают оптимальное протекание процессов развития. Под воздействием неблагоприятных условий механизмы поддержания гомеостаза могут быть нарушены, что приводит к состоянию стресса. Такие нарушения можно определить при оценке факторов воздействия, что и составляет основу метода биотестирования.

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. Загрязнение почвы может повлиять на ее структуру, на порозность и плотность горизонтов, что может привести к уменьшению аэрируемости и дренажа. Это приводит к затруднению прорастания семян и проникновения корней в почву, замедлению роста корней и побегов. Для определения этих изменений используется широкий набор биологических методов [1-4, 6].

В настоящей статье авторы описывают основные особенности и результаты мониторинга токсического загрязнения почвы нефтепродуктами методами биотестирования.

## **2. АНАЛИЗ ОСОБЕННОСТЕЙ ЭКОЛОГИЧЕСКОГО МОНИТОРИНГА НЕФТЕСОДЕРЖАЩИХ ОТХОДОВ**

Авторами проведён анализ особенностей экологического мониторинга нефтесодержащих отходов, результаты которого позволили прийти к следующим выводам и практическим рекомендациям.

1. Необходимо создать нормативно-техническую базу по мониторингу нефтесодержащих отходов, в том числе по проведению специальных съемок и обследований, выявлению негативных факторов, оценке и прогнозу, предупреждению и устранению негативных процессов при воздействии нефтесодержащих отходов на человека и биосферу.

2. Необходимо более четко разработать перечень обязательных параметров и критериев при оценке негативного воздействия нефтесодержащих отходов.

3. Следует провести обследование территории Российской Федерации с целью выявления характера, масштаба и уровней загрязнения земель нефтесодержащими отходами. При этом следует более широко использовать современные методы и технические средства мониторинга (включая спутниковые геодезические системы, методы дистанционного зондирования, наземные экспресс-методы, методы биоиндикации и биотестирования и др.

4. При проведении экологического мониторинга нефтесодержащих отходов следует осуществлять оценку как отдельных, так и сочетанных экологических загрязнений, так как при сочетании воздействии ряда загрязнений характер их воздействия может существенно отличаться от воздействия одиночных загрязнений. В том числе возможны следующие эффекты воздействия на человека: независимое, интегральное, антагонистическое, синергетическое (эффект, превышающий суммирование), а также изменение характера воздействия (например, проявление канцерогенных свойств).

5. Предлагается создать автоматизированную информационную систему мониторинга нефтесодержащих отходов, включая информационную базу данных о состоянии участков земель, загрязненных отходами, организовать многоуровневую базу мониторинга нефтесодержащих отходов, создать систему прогноза, предупреждения и устранения последствий негативного воздействия нефтесодержащих отходов на человека и биосферу.

6. По результатам проведения экологического мониторинга необходимо осуществить экологическое районирование территории Российской Федерации по наличию и степени негативного воздействия нефтесодержащих отходов, в том числе выделить районы наибольшего распространения нефтесодержащих отходов и основные негативные процессы по видам и степени их воздействия на человека и состояние окружающей среды.

7. По результатам проведения экологического мониторинга предлагается составить атлас загрязнений территории Российской Федерации нефтесодержащими отходами, содержащей тематические карты состояния земель, а также ретроспективные и прогнозные карты.

8. Необходимо разработать и обеспечить реализацию специальных программ по предупреждению и устранению последствий негативного воздействия нефтесодержащих отходов.

### 3. БИОТЕСТИРОВАНИЕ ТОКСИЧЕСКОГО ЗАГРЯЗНЕНИЯ ПОЧВЫ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ В КАЧЕСТВЕ ТЕСТ-ОБЪЕКТОВ ЗЕЛеноЙ ПРОТОКОККОВОЙ ВОДОРОСЛИ ХЛОРЕЛЛА И РАЧКОВ *DAPHNIA MAGNA STRAUS*

В качестве тест-объектов для проведения исследований по токсическому загрязнению почвы нефтепродуктами целесообразно использовать зеленую протококковую водоросль хлорелла (*Chlorella vulgaris Beijer*), ПНД Ф 14.1:2:4.10-04, 16.1:2:3:3.7-04, и рачки *Daphnia magna Straus*, ПНД Ф Т 14.1:2:4.12-06, 16.1:2:3:3.9-06.

Методика определения острой токсичности проб по изменению оптической плотности тест-культуры зеленой протококковой водоросли хлорелла (*Chlorella vulgaris Beijer*) основана на регистрации различий в оптической плотности тест-культуры водоросли хлорелла, 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 многокуветном 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.

Было проведено биотестирование проб почвы, взятых на территории бывшего ОАО «Фосфор» (г.о. Тольятти). Использовались вышеуказанные методики выполнения измерений: ПНД Ф 14.1:2:4:12-06 16:1:2:3.3.9-06 и ПНД Ф

14.1:2:3:4:10-04 16:1:2:3:3.7-04. Рассмотрим результаты биотестирования трех проб.

#### 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.

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.

#### 3. Проба 3

3.1. 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.

3.2. Исследованная проба оказывает гипертоксическое действие на тест-объект водоросли хлорелла. Данная проба полностью подавляет рост водоросли при всех кратностях разбавления, в том числе при максимальной в 900 раз (кон-

центрация - 0,11%). Таким образом, проба является гипертоксичной.

#### 4. ЗАКЛЮЧЕНИЕ

На основании проведенного анализа особенностей экологического мониторинга нефтесодержащих отходов авторами был сделан ряд выводов и практических рекомендаций, позволяющих повысить качество мониторинга.

Результаты биотестирования проб водной вытяжки почвы, взятых на территории бывшего ОАО «Фосфор» (г.о. Тольятти), с использованием в качестве тест-объектов зеленой протококковой водоросли хлорелла (*Chlorella vulgaris Beijer*) и рачков *Daphnia magna Straus*, позволяют сделать следующие выводы:

1. Наблюдается полное соответствие результатов биотестирования и степени токсичности проб почвы по обоим тест-объектам (водоросли хлорелла и рачки *Daphnia magna Straus*).

2. Пробы почвы, взятой на территории бывшего ОАО «Фосфор», г. Тольятти, являются гипертоксичными по результатам биотестирования на двух тест-объектах.

Таким образом, проведенные исследования подтверждают эффективность использования методов биотестирования для определения токсического загрязнения почв нефтепродуктами.

*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. Биологический контроль окружающей среды: биоиндикация и биотестирование: учеб. пособие для вузов / О.П. Мелехова [и др.]. М.: Издательский центр «Академия», 2010. 288 с.
2. Быков Д.Е. Комплексная многоуровневая система исследования и переработки промышленных отходов. Самара, 2003.
3. Васильев А. «Зеленая политика»: проблемы и структура // Pro et Contra. 2002. Т. 7. № 1. С. 84-93.
4. Васильев А.В. Комплексный экологический мониторинг как фактор обеспечения экологической безопасности // Академический журнал Западной Сибири. 2014. Т. 10. № 2. С. 23.
5. Васильев А.В. Обеспечение экологической безопасности в условиях городского округа Тольятти: учебное пособие. Самара: Изд-во Самарского научного центра РАН, 2012. 201 с., ил.
6. 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.
7. Васильев А.В. Перешивайлов Л.А. Глобальный экологический кризис и стратегии его предотвращения. Региональные аспекты защиты окружающей среды. Учеб. пособие для студентов вузов, обучающихся по экологическим специальностям. Федеральное агентство по образованию, Тольяттинский гос. ун-т. Тольятти, 2005.
8. Васильев А.В., Заболотских В.В., Тулицына О.В., Штеренберг А.М. Экологический мониторинг токсического загрязнения почвы нефтепродуктами с использованием методов биотестирования // Электронный научный журнал «Нефтегазовое дело». 2012. № 4. С. 242-249.
9. Заболотских В.В., Васильев А.В. Мониторинг токсического воздействия на окружающую среду с использованием методов биоиндикации и биотестирования: монография. Самара, 2012.

#### ANALYSIS OF FEATURES AND PRACTICAL RESULTS OF ECOLOGICAL MONITORING OF POLLUTION OF THE SOILS BY OILY PRODUCTS

© 2014 A.V. Vasilyev, D.E. Bykov, A.A. Pimenov

Samara State Technical University

In article main features of ecological monitoring of toxicity pollution of soils by oil products are considered. Authors of article had been carried out 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*. As a result of experiences it has been established the degree of toxicity of soils. Results of researches are proving high efficiency of using of methods of biological testing for estimation of toxicity pollution of soils by oil products.

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

*Andrey Vasilyev, Doctor of Technical Science, Professor, Head at the Department of Chemical Technology and Industrial Ecology. E-mail: avasil62@mail.ru*

*Dmitriy Bykov, Doctor of Technical Science, Professor, Rector. E-mail: rector@samgtu.ru*

*Andrey Pimenov, Candidate of Chemical Sciences, Director of Scientific-Analytical Center of Industrial Ecology of Samara State Technical University. E-mail: andpimenov@yandex.com*