

УДК 665.63

ВЛИЯНИЕ НЕФТЕПЕРЕРАБАТЫВАЮЩЕГО ПРОИЗВОДСТВА НА ПРИРОДНУЮ СРЕДУ¹

© 2007 А.А. Лобачева,² Н.В. Прохорова³

В статье рассматриваются проблемы трансформации почв и растительности в зоне влияния крупного нефтеперерабатывающего предприятия на примере Куйбышевского нефтеперерабатывающего завода.

Введение

В современных условиях очень серьезной экологической проблемой стало загрязнение природных экосистем, происходящее при добыче, транспортировке и переработке нефти. Нефтепродукты входят в список приоритетных химических веществ, содержание которых в окружающей среде строго контролируется. Отличительной особенностью техногенного пресса предприятий нефтеперерабатывающего комплекса является постепенно повышающийся уровень загрязнения во всех основных компонентах природной среды – почвах, растениях, атмосфере, водных объектах, а также в подземных водах.

Для Самарской области характерны высокие объемы добычи, транспортировки и переработки нефти, поэтому изучение эколого-биологических особенностей системы почва-растения, проявляющихся в условиях продолжительного комплексного воздействия нефтеперерабатывающего предприятия, актуально и имеет серьезную практическую значимость. Результаты таких исследований позволяют оценить вклад конкретного нефтеперерабатывающего предприятия в загрязнение прилегающих территорий, а также определить границы, в которых его действие проявляется особенно сильно, а природная среда утрачивает способность к самовосстановлению.

¹ Представлена доктором биологических наук профессором Л.М. Кавеленовой.

² Лобачева Анна Анатольевна (lobacheva@ssu.samara.ru) кафедра Городского хозяйства Самарского муниципального института управления, 443084, Россия, г. Самара, ул. Стара-Загора, 96.

³ Прохорова Наталья Владимировна (ecology@ssu.samara.ru) кафедра экологии, ботаники и охраны природы Самарского государственного университета, 443011, Россия, г. Самара, ул. Акад. Павлова, 1.

Методы исследования

Исследования проводились в Куйбышевском районе г. Самары в зоне влияния Куйбышевского нефтеперерабатывающего завода на 4-х пробных площадях, расположенных непосредственно у промплощадки предприятия (ПП1), в 100 м (ПП2), в 500 м (ПП3) и в 5000 м (КУ) от нее. Изучение почвенного и растительного покрова осуществляли в течение 5 лет (2000-2004 гг.) по общепринятым методикам. Оценивали агрохимические характеристики почв, их биологическую активность и фитотоксичность. Определение суммарного и фракционного состава углеводов в почве осуществляли методом высокоэффективной жидкостной хроматографии (ВЭЖХ). Тест-объектами для модельных экспериментов и изучения относительной токсичности и биологической активности почв были выбраны пшеница (*Triticum sp.*) ГОСТ 9353 – 90 и боб черный (*Vicia faba* L.). В модельных экспериментах, кроме почв района исследований, использовали условно абсолютно чистую почву «Терра Вита» и искусственно загрязненную почву («Терра Вита» +2000 мг/кг стандартной смеси углеводов ГОСТ Р ИСО 5725-2002). Математическая обработка данных проведена общепринятыми методами.

Результаты исследований

Проведенные исследования показали, что структурное состояние почв экспериментальных и контрольной пробных площадей, их pH, цвет, режим увлажнения сходны. По показателю биологической активности почв изучаемые пробные площади можно разделить на 2 группы. В первую группу отнесены ПП1 и ПП2 с минимальными показателями биологической активности почв, во вторую группу – ПП3 и КУ с максимальными показателями. Биологическая активность почв на каждой отдельной пробной площади существенно не менялась во времени в период исследований с 2000 по 2004 гг. Особенно стабильной и низкой она была на ПП1, на ПП2 некоторое повышение показателя было отмечено в 2003 г.

Весь период исследований на всех пробных площадях наблюдался средний уровень фитотоксичности (20-30%), но на ПП1-2 показатели были максимальными, а на КУ – минимальными. Тот факт, что почва района исследований и контрольного участка среднетоксична, свидетельствует о том, что условия, оказывающие негативное влияние на рост проростков пшеницы, формируются на всех исследуемых площадях. Так как вблизи КУ не располагаются источники углеводородного загрязнения, фитотоксичность этой почвы, хотя и менее выраженная, чем для почв ПП1-3, может быть связана с общим техногенным влиянием городской среды, создаваемым предприятиями и автотранспортом.

Суммарное содержание углеводов (далее УВ) в почвах определяли по общему количеству соединений, экстрагируемых гексаном из почв. В изученных почвах суммарное содержание углеводов существенно отличалось и подвер-

галось заметной динамике в период исследований. Минимальное их количество было выявлено в условно абсолютно чистой почве «Терра Вита» (в среднем 109,0 мг/кг), что в 6-10 раз меньше, чем в почвах КУ и экспериментальных пробных площадей из зоны влияния КНПЗ.

Среднее содержание суммы углеводов закономерно снижалось по мере удаления пробных площадей от КНПЗ (от 635 до 1789 мг/кг почвы). Эта закономерность сохранялась весь период наблюдений – с 2000 до 2004 гг. Для контрольной площади этот показатель также менялся – от 650 до 911 мг/кг. Установлено, что все полученные нами значения суммарного содержания УВ для зоны влияния КНПЗ более чем на 30% превышают среднестатистическую норму для почв и донных отложений [1, 2].

На рис.1 представлены ВЭЖХ хроматограммы определения УВ в экстрактах образцов почв ПП 1-3. Наиболее сильно загрязнена УВ почва ПП1 (рис. 1, 1), для нее характерно преобладание УВ C_{16} и C_{17} .

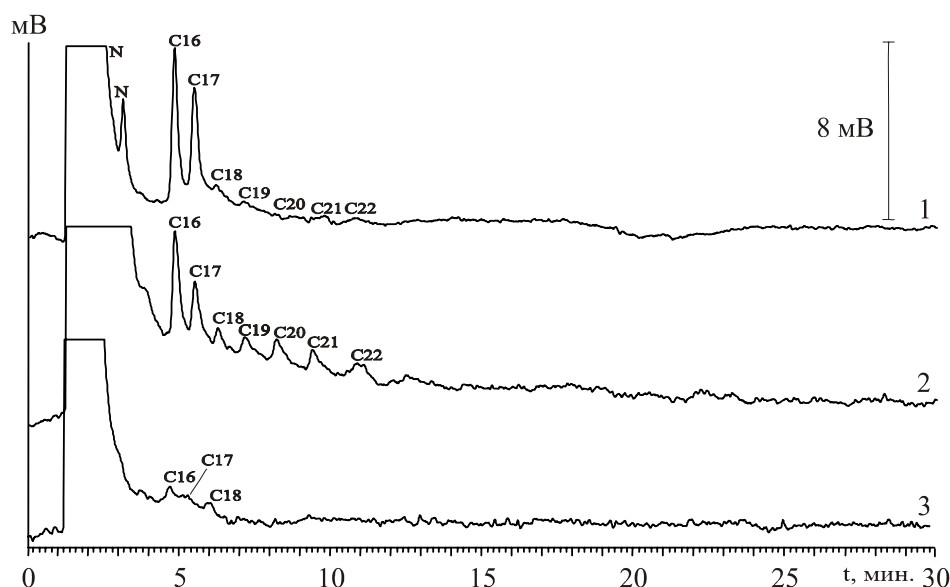


Рис. 1. Хроматограммы ВЭЖХ образцов экстрактов почв, отобранных с пробных площадей 1-3: 1 – пробная площадь 1, 2 – пробная площадь 2, 3 – пробная площадь 3. Время отбора почв 15 июля 2000 г.

Хроматограмма, иллюстрирующая содержание углеводов на ПП2 (рис. 1, 2), также показывает преобладание в почве гомологов УВ C_{16} - C_{17} , но в этом случае выражено наличие УВ с длинной алкильной цепью C_{18} - C_{22} . На ПП3 (рис. 1, 3) содержание УВ в почве по сравнению с предыдущими зонами в 1,3 раз меньше, на уровне предела обнаружения выявляются УВ с длинной алкильной цепи C_{16} - C_{18} .

Видовой состав травянистых растений на изучаемых пробных площадях отличается бедностью и однообразием. Всего в районе исследований было выявлено 8 видов, максимальное их количество (7 видов) было обнаружено на ПП2, видовое разнообразие на остальных пробных площадях (ПП1, ПП2, КУ) было представлено 5, 3 и 6 видами соответственно (табл. 3). Выявленные растения принадлежат к 7 семействам, преобладающим является семейство *Compositae* Giseke (*Asteraceae* Dumort.). Среди выявленных нами видов преобладают рудеранты или сорные виды, что нормально для урбанизированных и техногенно нарушенных территорий. Но степень участия сорных видов в сложении фитоценозов на ПП1 и ПП3 более высокая, чем на ПП2 и КУ. Установлено, что близость КНПЗ достоверно влияла на видовой состав, участие видов в сложении фитоценозов и степень их рудерализации на экспериментальных пробных площадях (ПП1-3). Сужалось разнообразие экоморфного состава.

Кроме того, воздействие формируемого КНПЗ загрязнения природной среды, особенно на ПП1 и 2, проявлялось в наличии сажевого налета на надземных частях растений, жилковыми хлорозами, краевыми некрозами листьев, изменением их формы и цвета, повышением тургора, снижением степени опушенности вегетативных органов, ингибированием ростовых процессов у травянистых растений, снижением жизненного состояния у древесных растений.

Наглядным отражением влияния почвенного загрязнения являются изменения в естественных процессах роста и развития растений. В модельных экспериментах нами были воссозданы эдафические условия экспериментальных (ПП1-3) и контрольной (КУ) пробных площадей, в качестве вариантов сравнения использовались искусственно загрязненная углеводородами почва (ИЗП), условно абсолютно чистая почва (УАЧП) и дистиллированная вода. Тест-объектами служили семена, проростки и растения боба черного (*Vicia faba* L.), выбор которого обусловлен его относительной устойчивостью к нефтяному загрязнению и способностью накапливать в своих тканях нефтепродукты.

По негативному влиянию на всхожесть семян и уровню фитотоксичности изученные субстраты образуют следующий ряд ИЗП > ПП1 > ПП2 > ПП3 > КУ > УАЧП. Модельный эксперимент позволил оценить динамику роста растений и развития их вегетативных органов. Установлено, что во всех вариантах опыта рост растений имел сходный характер. Заметное, прослеживающееся на протяжении всего опыта, отставание в росте наблюдали в варианте с ИЗП. Средние показатели роста были характерны для варианта с почвой, отобранной на контрольном участке (КУ). Наилучшие показатели роста были установлены для варианта с УАЧП. К концу эксперимента по степени негативного влияния на рост стебля боба варианты субстратов образовали следующий ряд: ИЗП > ПП1 > ПП2 > ПП3 > КУ > УАЧП, который точно совпадает с подобным рядом, построенным по фитотоксичности. Сходным образом субстраты модельного эксперимента воздействовали на формирование листьев, рост корней бобов, а также на накопление их общей сырой фитомассы. Так как в модельном эксперименте бобы вы-

рацивали на почвах, искусственно загрязненных стандартной смесью углеводов, а также на почвах, загрязненных углеводородами техногенно, мы можем говорить о том, что угнетающее влияние на рост и развитие модельного растения оказывали именно углеводороды, а не другие загрязнители.

В начале и конце модельного эксперимента с целью выявления поведения загрязнителей в почве под воздействием выращиваемых на ней бобов контролировали качественный и количественный состав УВ в ней. На рис. 2 и 3 представлены хроматографические спектры образцов ИЗП до и после эксперимента.

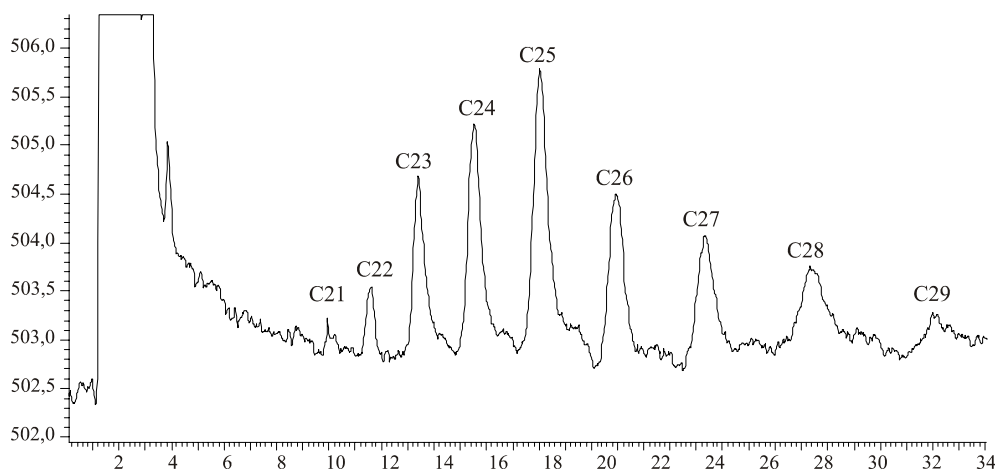


Рис. 2. Хроматографический спектр экстракта образца почв, загрязненных искусственно (ИЗП) до начала эксперимента

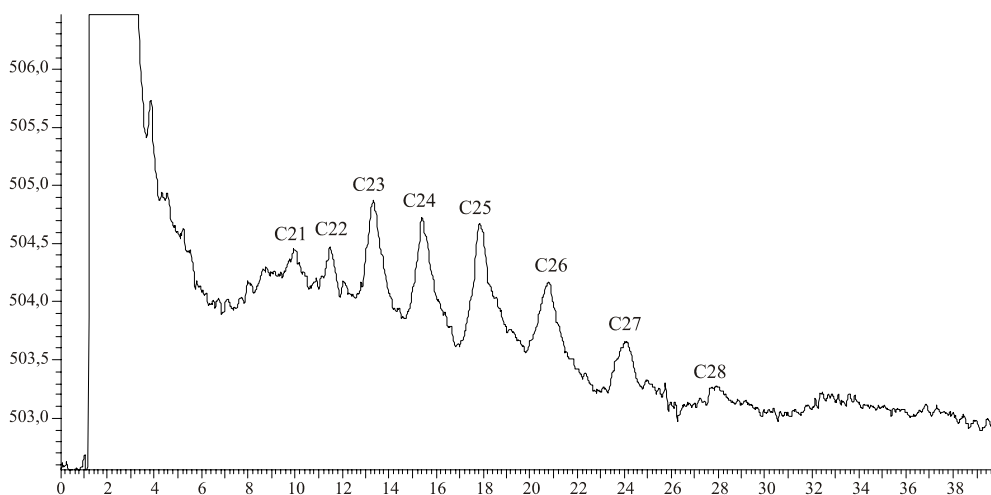


Рис. 3. Хроматографический спектр экстракта образца ИЗП после окончания вегетации боба (35 суток)

Как видно из рис. 2, в образце почвы, загрязненной искусственно, после 3-х дней экспозиции преобладают УВ C23-25. После окончания эксперимента (рис. 3) качественный состав определяемых загрязнителей в ИЗП не изменился,

но количество УВ всех типов стало меньше, что свидетельствует о значительном влиянии боба русского на деградацию УВ в почве. В варианте без растений качественный и количественный состав искусственного поллютанта изменился незначительно. Значительное уменьшение площадей пиков С22-25 говорит о возможности почв разлагать эти УВ. Углеводороды С 21 и С 27 разлагались в почвах незначительно. Почвы экспериментальных пробных площадей (ПП1-3) также демонстрировали аналогичные тенденции в процессах деградации УВ.

В ходе изучения поведения модельной системы оценивали «реактивность почвы», т.е. ее способность компенсировать изменения в состоянии, связанные с многолетним загрязнением. Как показал модельный эксперимент, темпы изменения суммарного содержания углеводородов в процессе роста бобов определяются общим состоянием почвы и существенно различаются для образцов, отобранных на пробных площадях, с контрольного участка и искусственно загрязненных поллютантом.

Для характеристики темпов изменения суммарного содержания нормальных углеводородов (ССНУВ) нами рассчитывались относительные показатели изменения этой величины по формуле:

$$\Delta 10(20) = (\text{ССНУВ}(20) - \text{ССНУВ}(10)) : \text{ССНУВ}(0),$$

где $\Delta 10$ – относительное изменение ССНУВ в период между 10-м и 20-м днем роста боба в почве на глубине 10 см от верхнего края контейнера; $\Delta 20$ – относительное изменение ССНУВ в период между 10-м и 20-м днем роста боба в почве на глубине 20 см от верхнего края контейнера.

Далее рассчитывались показатели $\omega 10$ и $\omega 20$:

$$\omega 10 = \Delta 10 \max - \Delta 10 \min,$$

где $\Delta 10 \max$ – максимальное значение изменения суммы н-УВ в почве; $\Delta 10 \min$ – минимальное значение изменения суммы н-УВ в почве.

$$\omega 20 = \Delta 20 \max - \Delta 20 \min,$$

где $\Delta 20 \max$ – максимальное значение изменения суммы н-УВ в почве; $\Delta 20 \min$ – минимальное значение изменения суммы н-УВ в почве.

Экспериментально установлено, что значения Δ и ω заметно различаются как в пределах одного варианта, так и для вариантов изучаемых пробных площадей и искусственно загрязненной почвы. Нами было предложено проводить оценку изменения абсолютных значений ССНУВ в процессе роста модельных растений с использованием коэффициента $K\omega$, характеризующего степень необратимости действия техногенного пресса на почвы, рассчитываемого по формуле:

$$K\omega = \omega 10 : \omega 20$$

В результате эксперимента было выявлено, что значения $\Delta 10$ и $\Delta 20$ сильно различаются для почв изученных пробных площадей, что говорит о различиях в процессах деградации УВ. Для образцов УАЧП, содержащих крайне небольшое количество н-УВ, зафиксировать изменения в концентрации УВ не удалось, так как они не превышали ошибки измерений.

Среди экспериментальных пробных площадей (ПП1-3) наиболее резкое изменение абсолютных значений ССНУВ в процессе вегетации боба наблюдается для почв ПП 1 ($K\omega=2,7$). Значение $K\omega = 1$ характерны для тех почв, в которых ССНУВ изменяется равномерно на разных глубинах (10 см и 20 см) и во времени (10 дней и 20 дней), присутствие растений не оказывает существенного влияния на этот процесс. Именно такие почвы не способны к самовосстановлению. В нашем эксперименте это почвы ПП2, расположенной в 100 м от промплощадки КНПЗ. Это расстояние можно считать критическим, так как техногенное воздействие здесь не компенсируется процессами самоочищения (аналог «санитарной зоны»). Более высокие значения $K\omega$ свидетельствуют об определенной способности почвы к самовосстановлению при загрязнении нефтепродуктами. В модельном эксперименте наибольшее значение $K\omega$ получено для ИЗП – 4,4. Это можно объяснить тем, что при однократном внесении в «чистую» почву поллютанта стандартного состава его воздействие достаточно быстро компенсируется в ходе роста растений-фиторемедиантов (*Vicia faba* L.).

Таким образом, расстояние в 100 м от границы предприятия НПК (на примере КНПЗ), соответствовавшее в нашем эксперименте ПП2, можно принять за то минимальное расстояние, для которого бесспорно фиксируется факт наличия выраженного и не компенсируемого естественными процессами пресса органических загрязнителей на почвы.

Выводы

1. В зоне влияния нефтеперерабатывающего предприятия (КНПЗ) происходит существенная техногенная трансформация почв, проявляющаяся в снижении их биологической активности и повышении фитотоксичности. Растительный покров характеризуется обеднением видового и экоморфного состава, угнетением всхожести семян и ростовых процессов, появлением видимых повреждений (хлорозы, некрозы), снижением жизненного состояния.

2. В выбросах нефтеперерабатывающего предприятия (КНПЗ) преобладают нормальные углеводороды, основным депо которых на прилегающей к нему территории являются почвы. Углеводороды выявляются хроматографически в почвах всех изученных пробных площадей, но их суммарное содержание и фракционный состав зависят от расстояния до источника загрязнения. Особенно загрязнены углеводородами (1,8 ПДК) почвы в 100-метровой зоне, примыкающей к промплощадке КНПЗ.

3. В почвах пробных площадей 1 и 2, наиболее подверженных техногенному прессу, в течение всего периода наблюдений преобладали углеводороды с алкильной цепью менее 16-17 и обнаруживались углеводороды рядов 17-18 и 18-29. Тяжелые углеводороды с длиной алкильной цепи более 29 не были обнаружены в почвах района исследований.

4. Установлено, что нормальные углеводороды мигрируют в вертикальном профиле почв и при этом подвергаются определенной деградации, проявляющейся в снижении суммарного содержания и изменении фракционного состава. На миграцию и деградацию углеводородов в почвенном покрове влияют расстояние от источника загрязнения, его длительность и состав, а также свойства почв и произрастающие на них растения.

5. На основе полевых исследований и модельных экспериментов был предложен коэффициент K_{ω} , позволяющий оценить условную реактивность почвы по отношению к углеводородам и охарактеризовать степень необратимости воздействия техногенного пресса на почвы. Значения K_{ω} изменяются по мере удаления исследуемых участков от промышленной площадки КНПЗ в интервале 1,0 – 2,7. Показателем низкой способности почвы к самовосстановлению является $K_{\omega}=1$, установленный нами для почв пробной площади 2.

Литература

- [1] Петров, А.А. Биомаркеры и геохимия процессов нефтеобразования / А.А. Петров, О.А. Арёфьев // Геохимия. – 1990. – № 5. – С. 704-710.
- [2] Пиковский, Ю.И. Природные и техногенные потоки углеводородов в окружающей среде / Ю.И. Пиковский. – М.: Изд-во МГУ, 1993. – 202 с.

Статья поступила в редакцию 25/IX/2006;
в окончательном варианте – 26/XII/2006.

EFFECT OF PETROLEUM-PROCESSING FACTORY ON NATURAL ECOSYSTEMS¹

© 2007 A.A. Lobacheva², N.V. Prokhorova³

Problems of soil and plant cover transformation in the impact zone of a big petroleum-processing factory are described using on example of Kuibyshev petroleum-processing factory.

Paper received 25/IX/2006.
Paper accepted 26/XII/2006.

¹ Communicated by Dr. Sci. (Biology) Prof. L.M. Kavelenova.

² Lobacheva Anna Anatolyevna (lobacheva@ssu.samara.ru), the Chair of Municipal Property, Samara Municipal Management Institute, 443084, Russia, Samara city, Stara-Zagora St. 96.

³ Prokhorova Natalya Vladimirovna (ecology@ssu.samara.ru), Dept. of Ecology, Botany and Environmental Protection, Samara State University, 443011, Russia, Samara city, Academic Pavlov St., 1.