

Рогозина Е.А.

## АКТУАЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ ПРОБЛЕМЫ ОЧИСТКИ НЕФТЕЗАГРЯЗНЕННЫХ ПОЧВ

*Рассмотрена и обоснована необходимость разработки единой программы восстановления нефтезагрязненных почв. Она должна предусмотреть построение серии типовых моделей изменения различного типа почв под действием углеводородного загрязнения, проведение комплексного мониторинга и детальной экспертизы нефтезагрязненных земель, унификацию ряда параметров и методов, обеспечивающих очистку почв от нефтяного загрязнения.*

**Ключевые слова:** нефть и нефтепродукты, нефтезагрязнение, мониторинг, экспертиза, очистка почв от загрязнения.

Органическая природа, сложный многокомпонентный состав, токсичность в целом и отдельных компонентов, масштабность распространения и высокая миграционная способность характеризуют один из самых распространенных загрязнителей природной среды – нефть и нефтепродукты.

Согласно опубликованным данным [Панов, Петрашин, Лысяный, 1986], потери нефти в мире при ее добыче, переработке и использовании превышают 45 млн. т в год, что составляет около 2 % годовой добычи. Причем из них 22 млн. т теряются на суше, около 7 млн. т – в море и до 16 млн. т – в атмосфере из-за неполного сгорания нефтепродуктов при работе различных типов двигателей. Исходя из приведенных оценок, можно подсчитать, что на суше ежегодно теряется 0,97 % добываемой нефти. По сводкам за 1993 г. в России нуждались в рекультивации 1,2 млн. га земель, загрязненных различными загрязнителями, включая нефть и нефтепродукты [Охрана окружающей..., 1993]. В государственных докладах «О состоянии окружающей среды» также приводятся сведения о загрязненности почв нефтью и нефтепродуктами. Помимо общих сведений, в опубликованных работах приводятся данные по загрязнению нефтью и нефтепродуктами конкретных территорий. Например, для территории нефтяных месторождений в районе Саянск количество залитых нефтью («замазанных») земель составляет 3 – 7 % [Московченко, 1998].

В результате аварии 1994 г. на нефтепроводе «Возей-Головные сооружения» в республике Коми залитые нефтью площади составили 648 тыс. м<sup>2</sup> (включая берега рек), при этом толщина нефти в отдельных местах достигала 40 см, количество нефти, находящейся на поверхности почвы оценивалось в 103 тыс. т (не считая нефти, лежащей на поверхности водоемов) [Гриценко, Акопова, Максимов, 1997].

Масштабное загрязнение и ежегодное расширение его площадей с возрастанием антропогенной нагрузки не снижает актуальности и первостепенного значения проблемы охраны почвенных экосистем от нефтяного загрязнения. Свидетельством этому является возросшая активность государственных и общественных организаций, частных компаний, связанных с различного рода производственной деятельностью НГК и, что особо следует подчеркнуть, - возникновение новой области науки – нефтэкологии.

В свое время мы обращались к рассмотрению некоторых наиболее актуальных вопросов рассматриваемой проблемы [Охрана окружающей..., 1995; Белонин, Рогозина, 1996; Система методического..., 1999]. Обсуждались вопросы нефтэкологического мониторинга, ликвидации нефтезагрязнения природных экосистем, методического и нормативного обеспечения этих работ, создания информационно-компьютерной службы по различным направлениям нефтэкологии.

Перечисленные вопросы и на сегодняшний день далеки от окончательного завершения, остаются дискуссионными и требуют комплексного системного подхода к своему решению. Необходимы разработка и принятие комплексной программы, прежде всего на региональном уровне, по восстановлению нефтезагрязненных земель. Она должна предусмотреть проведение нефтэкологического мониторинга как основы для выяснения нефтэкологической ситуации в регионе и выработки мероприятий по предупреждению и ликвидации нефтяного загрязнения. Задачами нефтэкологического мониторинга, как и любого другого [Герасимов, 1975], являются:

- констатация степени загрязненности природных экосистем, в данном случае – почвенных;
- управленческие функции по предупреждению и снижению антропогенной нагрузки с проведением соответствующих мероприятий;
- прогноз негативных последствий нефтяного загрязнения почвенных экосистем.

При оценке нефтэкологической ситуации в регионе важно не только определить площадь распространения нефтяного загрязнения, но и глубину его проникновения. Согласно ГОСТу 17.4.4.02.84 (Охрана природы. Почвы. Методы отбора и подготовки проб для химического, бактериологического, гельмитологического анализа.), на определение содержания нефти и нефтепродуктов отбираются точечные пробы послойно с глубины 0 - 5 см и 5 - 20 см, массой не более 200 г каждая. Однако, по литературным данным и по собственному опыту проведения нефтэкологических работ, неоднократно фиксировалось проникновение нефтяного загрязнения в более глубокие горизонты почвы. Известны случаи

масштабного скопления углеводородов под территориями нефтеперерабатывающих заводов, путями транспортировки нефти и нефтепродуктов, на местах их аварийных разливов.

Помимо площади и глубины проникновения в почву нефтяного загрязнения важно установить его концентрацию и вид. Таким образом, для констатации нефтяного загрязнения на региональном уровне достаточно установить:

- площадь его распространения;
- глубину проникновения;
- концентрацию и вид (нефть, дизельное топливо, мазут и др.).

Наиболее сложным является на сегодняшний день определение концентрации нефтяного загрязнения. Согласно ГОСТу 17.1.4.01-80 (Охрана природы. Гидросфера.), степень нефтяного загрязнения оценивается по содержанию нефтепродуктов. Под нефтепродуктами в данном случае понимается сумма малополярных углеводородов (алифатические, ароматические, алициклические), составляющая, как отмечается в ГОСТе, главную и наиболее характерную часть нефти и продуктов ее переработки.

Однако, такая трактовка термина «нефтепродукты» некорректна, поскольку в зависимости от вида нефтяного загрязнителя содержание в нем "нефтепродуктов" может в значительной степени варьировать. Так, при содержании в почве в равном количестве дизельного топлива и мазута (мг/кг) степень загрязненности нефтепродуктами, определенная по ГОСТу, в первом случае будет значительно выше, чем во втором.

Однако из-за отсутствия экспресс-метода определения абсолютного содержания конкретного вида нефтяного загрязнителя нефтезагрязнение почвы определяется по вышеуказанному ГОСТу.

Проведение нефтеэкологического мониторинга по комплексу рассмотренных выше параметров позволяет получить фактический материал для:

- составления нефтеэкологических карт различного масштаба и назначения;
- создания банка данных по загрязнению конкретного региона;
- разработки кадастра нефтезагрязненных земель;
- решения различных управленческих задач.

При разработке кадастра целесообразно полученные фактические данные группировать по виду нефтяного загрязнения и в каждой группе провести ранжирование по степени загрязненности и по глубине проникновения в почву.

Построение нефтеэкологических карт с указанием источников и уровня загрязнения позволит наглядно представить нефтеэкологическую ситуацию на территории региона.

Как известно, степень загрязненности природных экосистем осуществляется на основании системы предельно допустимых концентраций (ПДК), устанавливаемых для конкретных веществ и отражающих максимальные требования к качеству окружающей среды. На сегодняшний день для почвенных экосистем нет значения ПДК для валового содержания нефти и продуктов ее переработки (керосин, дизельное топливо, мазут и др.). Степень нефтяного загрязнения оценивается по превышению содержания «нефтепродуктов» над фоновым значением в конкретном районе (на конкретной территории). Фоновые значения для исследуемой местности, согласно РД [Определение валового..., 1999], должны быть разработаны сетевыми подразделениями Росгидромета. В данном документе указано, что для районов, не ведущих добычу нефти, фоновое содержание нефтепродуктов в почве составляет 40 мг/кг, для нефтедобывающих районов – 100 мг/кг.

Для почв в настоящее время введен так называемый предел потенциального самоочищения (ППС). Почвы, содержащие нефтепродукты выше этого уровня загрязнения, подлежат санации и рекультивации, так как без этих мероприятий они не выйдут из стадии деградации и будут оказывать устойчивое негативное влияние на окружающую среду.

Проведенный анализ опубликованных данных по степени и масштабам загрязнения почв показал значительные расхождения как в цифровой оценке градаций загрязнения, так и в оценке степени нефтяной нагрузки, нарушающей экологическое равновесие в почвенных экосистемах и оказывающих влияние на физические, химические, ионообменные свойства почв и на их биологическую активность.

По нашему мнению, в перечень, приведенных официальных данных уровней загрязнений почв в табл. 1, логично было бы ввести еще один уровень с диапазоном загрязнения – ПДК ÷ 1000 мг/кг, заполняющий промежуток между допустимым (ПДК) и низким (1000÷2000) уровнями и обозначить его как «очень низкий уровень загрязнения».

Таблица 1

**Сводка уровней загрязнения почв нефтью и нефтепродуктами\***

<b>Уровень загрязнения</b>	<b>мг/кг</b>
допустимый	ПДК
низкий	1000-2000
средний	2000-3000
высокий	3000-5000
очень высокий	>5000

\* Данные официального вестника Госкомэкологии России (№11, 1999)

В табл. 2 даны сводка уровней и пределы загрязнения почв нефтепродуктами по опубликованным данным.

Как следует из приведенных в табл. 2 данных, отсутствует единая классификация уровней загрязнения, резко расходятся пределы загрязнения для одного и того же уровня или близких между собой. Нет и согласованного значения предела потенциального самоочищения для различного типа нефтезагрязненных почв, превышение которого требует проведения очистных и рекультивационных мероприятий.

Проведенные в нашей стране наблюдения за скоростью самоочищения почв и восстановления растительности в различных природных зонах при дозированном поступлении нефти и продуктов ее переработки позволили установить уровень загрязнения почв, подлежащих рекультивации. Он соответствует нагрузке 24 л/м<sup>2</sup>.

Таблица 2

**Уровни и пределы загрязнения почв нефтью и продуктами ее переработки  
(сводка опубликованных данных)**

Уровни загрязнения почвы	Пределы загрязнения, мг/кг по данным различных источников				
	1*	2*	3*	4*	5*
Допустимый	ПДК				
Незагрязненные почвы		1-100	400		
песчаные				0-220	
суглинистые				0-140	
торфяные				0-530	
Условно загрязненные		100-500			
Минимальный уровень загрязнения					50
Низкий	1000-2000				
Слабо загрязненные почвы		500-1000	3000-6000		
Средний	2000-3000		6000-12000		
Загрязненные почвы		1000-2000			
Повышенное загрязнение					1000
Высокий	3000-5000				5000
Сильно загрязненные почвы		2000-5000	12000- 25000		
Очень высокий	>5000				
Очень сильно загряз- ненные почвы		5000- 500000	>25000		
Максимальное загрязнение почв					
песчаные				340-130000	
суглинистые				150-13300	
торфяные				600-62500	

1\* - официальный вестник Госкомэкологии, № 1, 1999 г.; 2\* - по [Московченко, 1998]; 3\* - А.Я. Демиденко, В.М. Демурджан, 1988 г.; 4\* - Н.Б. Пыстина и др., 1999 г.; 5\* - по [Пиковский, 1993].

Нормативные акты Голландии предусматривают проведение мероприятий по очистке почв и грунтов от нефтепродуктов при концентрации последних от 5000 мг/кг (выше 0,5 %) по весу на сухое вещество. Анализ мирового опыта показал, что, в целом, специальные мероприятия по санации и восстановлению нефтезагрязненных почв рекомендовано начинать с уровня 10000 мг/кг (1,0 %) [Пиковский, 1993]. Вариации в значении ППС зависят от типа почв, состава нефтяного загрязнителя, физико-химических условий среды, облегчающих или затрудняющих самоочищение почв.

В рамках проблемы исследования негативного воздействия длительного углеводородного загрязнения на почвенные экосистемы нами было проведено лабораторное моделирование этих процессов с различными типами почв [Рогозина, Архангельская, Свечина, 2004].

По результатам моделирования и ранее проведенным собственным многолетним исследованиям и материалам опубликованных работ можно отметить следующее:

- в зависимости от состава нефтяного загрязнения одна и та же почва неоднозначно реагирует на антропогенную нагрузку;
- почвы, различающиеся по минералогическому составу, содержанию органического вещества, численности и составу почвенного микробиоценоза, по-разному реагируют на одно и то же нефтяное загрязнение;
- окислительно-восстановительная обстановка в загрязненной почве оказывает влияние на направленность изменения как самой почвы, так и углеводородного загрязнителя.

На основе вышеизложенного в 2002 г. нами была предложена концепция построения моделей изменения основных параметров почвенных экосистем под действием углеводородного загрязнения. Согласно концепции, наиболее реальный путь решения этой задачи – построение серии типовых моделей.

В основу построения типовой серии моделей должна быть заложена постоянная составляющая, на основе которой и проявятся закономерности изменения остальных характеристик нефтезагрязненной почвенной системы, по сравнению с фоном. В качестве типовой основы могут быть приняты:

- тип почвы;
- вид нефтяного загрязнения;
- степень антропогенной нагрузки.

При этом важное значение имеют окислительно-восстановительная обстановка в загрязненной почве (аэробные условия или затрудненный доступ воздуха в почвенную

систему) и принадлежность почв к определенному типу ландшафтно-климатического района.

Построение такого рода моделей может быть осуществлено в природных условиях на территориях, уже подвергшихся нефтяному загрязнению, на специально выбранных полигонах и в условиях лабораторного моделирования. В первом случае объективной реальностью является нефтяное загрязнение конкретной почвенной системы. Второй вариант предусматривает создание специальных полигонов под конкретные задачи проводимого моделирования. Третий вариант – лабораторное моделирование – позволяет решать более узкие задачи и выявить, как правило, только тенденцию в изменении отдельных параметров загрязненной почвы и самого загрязнителя.

Основой построения моделей являются результаты комплексного нефтэкологического мониторинга нефтезагрязненных почв и нефтяного загрязнителя. В качестве параметров, по которым необходимо отслеживать изменение почв, могут быть предложены:

- рН, Eh, T, влажность, плотность, пористость;
- органический углерод, нерастворимый остаток;
- гумус, калий, фосфор, азот;
- тяжелые металлы, радиоактивные элементы и продукты их распада;
- различные физиологические группы почвенных микроорганизмов;
- газовая составляющая почв.

Перечисленный комплекс параметров, по нашему мнению, является базовым, качественные и количественные изменения в котором приводят к изменению остальных составляющих почвенных экосистем (флора, фауна).

Параметрами, по которым необходимо отслеживать изменение во времени углеводородного загрязнителя, являются следующие:

- концентрация нефтяного загрязнителя;
- изменение площади загрязнения и глубины проникновения загрязнителя в почву;
- состав загрязнителя, как минимум, на уровне содержания масел, смол и асфальтенов;
- по ряду реперных точек имеет смысл проследить более детально изменение состава загрязнителя вплоть до индивидуальных углеводородов [Рогозина, Архангельская, Свечина, 2004].

Создание такого рода типовых моделей могло бы стать основой при разработке мероприятий по очистке и рекультивации нефтезагрязненных земель. Решение остальных упомянутых выше вопросов, несомненно, способствовало бы этому. Реализация этих работ,

может быть, и возможна в дальнейшем. Проблема же очистки почвенных экосистем от нефтяного загрязнения весьма актуальна сегодня.

Мировая практика проведения очистных и рекультивационных работ располагает различными методами очистки почвенных и водных экосистем от нефтяного загрязнения [Матвеев, 1995]. На сегодняшний день предпочтение отдается механическим и биологическим способам очистки, наиболее приемлемым с экологической точки зрения.

ВНИГРИ с 1986 г. проводит комплекс экологических исследований, направленных на создание технологий и методов очистки окружающей среды от техногенного загрязнения нефтью и продуктами ее переработки. С 1990 г. к этому комплексу подключены разработки по созданию биологического способа очистки почвенных и водных экосистем от нефтезагрязнения.

В результате этих работ были созданы биопрепараты серии НАФТОКС и разработана технология их использования. В свое время мы неоднократно останавливались на рассмотрении различных вопросов биологической очистки нефтезагрязненных экосистем [Рогозина, Хотянович, 1995; Биопрепараты серии..., 1995; Белонин, Рогозина, 1996; Белонин, Рогозина, Хотянович, 1996; Перспектива использования..., 1998; Система методического..., 1999]. Несмотря на очевидные трудности микробиологических способов интенсификации процесса разложения нефти и продуктов ее промышленной переработки, порой, противоречивость получаемых результатов, технические сложности производства и применения микробных препаратов, в целом следует признать, что только микроорганизмы могут выступать в качестве практически значимых факторов ускоренной деградации нефтезагрязнений природных экосистем. Однако, при этом следует иметь в виду, что в отличие от остальных способов очистки природных экосистем, при биологических способах используются, как правило, живые клетки микроорганизмов. Эффективность очистки в этом случае зависит от соблюдения и выполнения всех тонкостей процесса жизнеобеспечения естественного биоценоза в нефтезагрязненных почвах и вносимым в составе биопрепарата углеводородокисляющих микроорганизмов.

Мы неоднократно подчеркивали, что биоочистка природных экосистем должна проводиться под руководством квалифицированных специалистов, в противном случае можно не получить ожидаемых результатов и дискредитировать используемый способ очистки. К сожалению, такие случаи неоднократно происходили и происходят в отечественной практике нефтеочистных работ.

Здесь уместно заметить, что в рекламных проспектах по применению биопрепаратов часто гарантируют эффективность очистки почв от нефти и мазута на 90 – 95 %, однако, не

учитывается, что реально фиксируется биодegradация так называемых «нефтепродуктов». Эффективность же очистки почвы от нефтяного загрязнения составляет

$$\text{ЭО}_{\Sigma} = \text{ЭО}_{\text{нп}} \cdot A_{\text{нп}},$$

где  $\text{ЭО}_{\Sigma}$  - эффективность очистки почвы от нефтяного загрязнения, %;  $\text{ЭО}_{\text{нп}}$  – эффективность очистки по нефтепродуктам, %;  $A_{\text{нп}}$  – доля НП в составе нефтяного загрязнения.

При разработке технологии использования биопрепаратов серии НАФТОКС было уделено внимание проведению детальной нефтеэкологической экспертизы загрязненной территории как основе для выбора оптимального режима проведения очистных работ [6]. Экспертиза позволяет получить ответы на такие вопросы, как

- состав нефтяного загрязнения;
- гранулометрический состав почв;
- величина pH;
- содержание в почве гумуса, калия, фосфора и азота;
- состав и численность природного биоценоза, в том числе углеводородокисляющих микроорганизмов;
- интенсивность дыхания почвы.

Целью такой детальной экспертизы является четкое представление о том, что

- справится ли естественный биоценоз с нефтезагрязнением почвы или необходима интродукция углеводородокисляющих микроорганизмов (внесение в почву биопрепарата);
- какой оптимальный вариант условий жизнеобеспечения естественного или интродуцированного биоценоза необходим;
- необходимость одно- двух- трехкратной активизации естественного биоценоза или обработки загрязненной почвы биопрепаратом.

Детальная нефтеэкологическая экспертиза территории, подлежащей очистке, дает возможность разработать не только оптимальный режим биоочистных работ, но и решить вопрос о целесообразности их применения и выборе альтернативного способа очистки.

Решение рассмотренных выше вопросов возможно только в рамках комплексной программы по восстановлению нефтезагрязненных земель и при совместном усилии, сотрудничестве и финансовом обеспечении заинтересованных юридических и физических лиц под руководством единой координирующей структуры.

## Литература

*Белонин М.Д., Рогозина Е.А.* Актуальные проблемы нефтэкологии //Охрана окружающей среды при поисках, разведке, разработке месторождений углеводородного сырья, его переработке и транспортировке. СПб., 1996. С. 12 - 18.

*Белонин М.Д., Рогозина Е.А., Хотянович А.В.* Комплекс высокоэффективных технологий очистки природных экосистем от нефти и нефтепродуктов //Сб. докладов Первой Межд. конференции "Охрана окружающей среды при поисках, разведке, разработке месторождений углеводородного сырья, его переработке и транспортировке". СПб., 1996. С. 99 - 100.

Биопрепараты серии НАФТОКС для очистки почвенных и водных экосистем от нефтезагрязнений / Е.А.Рогозина, А.В. Хотянович, Р.А. Архангельская и др. //Сб. докладов Первой Всеросс. конференции "Поиски нефти, нефтяная индустрия и охрана окружающей среды". СПб., 1995. С. 137 - 144.

*Герасимов И.П.* Научные основы современного мониторинга окружающей среды // Изв. АН СССР. сер. геол., № 3, 1975. С. 13 - 25

*Гриценко А.И., Аكوпова Г.С., Максимов В.И.* Экология. Нефть и газ. М., Наука, 1997, 598 с.

Комплексная нефтэкологическая экспертиза – основа для выбора регламента рекреации почвенных экосистем / Е.А. Рогозина, В.К. Шиманский, А.В.Хотянович и др. // Нефтегазовая экология на рубеже веков. Прогноз, поиски, разведка и освоение месторождений. Доклады Юбилейной конференции, том 3. СПб., 1999. С. 376 - 380.

*Матвеев Ю.М.* Технология очистки территорий, загрязненных нефтепродуктами //Поиски нефти, нефтяная индустрия и охрана окружающей среды. СПб., 1995. - С. 126 - 130.

*Московченко Д.В.* Нефтегазодобыча и окружающая среда // Эколого-геохимический анализ Тюменской области. Новосибирск, Наука, 1998, 112 с.

Определение валового содержания нефтепродуктов в пробах почвы методом ИКС. Методика выполнения измерений. РД 52.18.575-96. Методические указания. М., Федеральная служба России по гидрометеорологии и мониторингу окружающей среды, 1999.

Охрана окружающей среды, освоение нефтегазовых ресурсов недр и нефтяная индустрия / М.Д. Белонин, Е.А. Рогозина, В.В. Грибков, И.М. Гильдеева // Поиски нефти, нефтяная индустрия и охрана окружающей среды. СПб., 1995. С. 7 - 21.

Охрана окружающей среды. Постатейный комментарий к Закону России. М., Республика, 1993, 224 с.

*Панов Г.Е., Петряшин Л.Ф., Лысяный Г.Н.* Охрана окружающей среды на нефтяной и газовой промышленности. М., Недра, 1986.

Перспектива использования биопрепаратов при рекультивации нефтезагрязненных территорий Сургутского района / В.Г. Алехин, Л.Г. Алехина, Е.А. Рогозина, и др. // Сб. докладов Первой Межд. конференции "Охрана окружающей среды при поисках, разведке, разработке месторождений углеводородного сырья, его переработке и транспортировке". СПб., 1998. С. 92 - 98.

*Пиковский Ю.И.* Трансформация и техногенные потоки углеводородов в окружающей среде. М., МГУ, 1993, 207 с.

*Рогозина Е.А., Архангельская Р.А., Свечина Р.М.* Модели изменения различных типов почв под воздействием углеводородного загрязнения // Новые идеи, теоретические обобщения и методические решения в нефтяной геологии. СПб., 2004. С. 131 - 139.

*Рогозина Е.А., Хотянович А.В.* Биорекреация нефтезагрязненных почвенных и водных экосистем // Сб. докладов Первой Всеросс. конференции "Поиски нефти, нефтяная индустрия и охрана окружающей среды". СПб., 1995. С. 131 - 136.

Система методического и нормативного обеспечения работ в области нефтэкологии / М.Д. Белонин, Е.А. Рогозина, А.В. Хотянович, В.К. Шиманский // Экология, нормативно-методические и правовые основы постоянно действующей службы нефтэкологического мониторинга и принципы ее финансового обеспечения. СПб., 1999. С. 10 - 22.