

Рогозина Е.А., Шиманский В.К.

НЕКОТОРЫЕ ТЕОРЕТИЧЕСКИЕ АСПЕКТЫ ВОССТАНОВЛЕНИЯ НЕФТЕЗАГРЯЗНЁННЫХ ПОЧВЕННЫХ ЭКОСИСТЕМ

По экспериментальным данным показаны особенности изменения ОВ почвы под действием углеводородного загрязнения в зависимости от минералогического состава, содержания органического вещества, численности и состава почвенной микробиоты, окислительно-восстановительной обстановки. Преобразование в системе загрязненная почва – углеводородный загрязнитель в аэробных условиях сопровождается генерацией, преимущественно, CO_2 , в условиях затрудненного доступа воздуха – генерацией CO_2 , N_2 , CH_4 , предельных и непредельных гомологов C_nH_m .

Рассмотрена концепция построения серии типовых моделей изменения основных параметров почвенных экосистем под действием углеводородного загрязнения как основы для разработки оптимального региона восстановления нефтезагрязнённых почв.

Ключевые слова: органическое вещество, углеводородное загрязнение, почвенные экосистемы, восстановление почв.

При геологоразведочных работах и освоении углеводородного сырья основными загрязнителями природных экосистем являются нефть и продукты ее переработки. Согласно опубликованным данным [Панов, Петряшин, Лысяный, 1986], потери нефти в мире при ее добыче, переработки и использовании превышают 45 млн. т в год, что составляет около 2 % годовой добычи, причем из них 22 млн. тонн (0,97 % добываемой нефти) теряются на суше.

По своей нагрузке на природную среду нефтяное загрязнение может быть разделено на «залповое» (аварийные разливы нефти) и «постепенное» (различного рода утечки и потери нефти и нефтепродуктов при производстве работ нефтегазового комплекса).

Аварийные разливы нефти дают максимальную единовременную нагрузку на почвенные экосистемы, реагирующие на это соответствующим образом. Аварийные разливы нефти требуют принятия срочных мер для их ликвидации, привлечения специальной техники, технологии, значительного количества рабочих – ликвидаторов. Ликвидация этого вида загрязнения, как правило, разделяется на два этапа: первый – сбор разлившейся нефти, второй – доочистка территории от оставшегося загрязнителя.

При оценке последствий такого загрязнения не всегда можно предсказать – вернется ли экосистема к устойчивому состоянию или будет необратимо деградировать.

Второй разновидностью нефтяного загрязнения является постепенное, зачастую, многолетнее поступление в почву нефти и продуктов ее переработки. Такого рода загрязнения наблюдаются при производстве нефтепоисковых и разведочных работ, на нефтепромыслах, на территориях нефтеперерабатывающих заводов, складирования горюче-

смазочных материалов, на заправочных станциях, по пути следования нефтепроводов, по маршрутам курсирования наземного транспорта и т.д.

При постепенном многолетнем загрязнении нефть и нефтепродукты проникают вглубь почвы, нарушая в ней сложившееся экологическое равновесие. При проникновении в более глубокие горизонты происходит загрязнение грунтовых и подземных вод, а при определенных условиях – образование техногенных скоплений углеводородов.

Органогенная природа нефтяного загрязнения не оставляет его инертным по отношению к загрязненному объекту – происходит изменение геохимических, агрохимических, физико-химических характеристик, активности почвенного биоценоза, газового режима почв. Выявление динамики и характера изменения этих параметров важно для прогноза негативных последствий нефтяного загрязнения. Произошедшие под действием нефтяного загрязнения изменения основных характеристик почвы могут быть необратимы и настолько серьезны, что под сомнение ставится перспектива рекультивации таких почв. В случае незначительного нарушения этих параметров, по сравнению с фоном, возрастает вероятность восстановления почвами экологического равновесия путем самоочищения или применения технологии очистных и рекультивационных работ.

Обоснованный прогноз развития экологической ситуации в процессе поисков, освоения месторождений углеводородного сырья, его переработки и транспортировки и создание эффективных методов и технологий восстановления природной среды возможны только на основе надежных теоретических и экспериментальных моделей взаимодействия нефти с природной средой и ее трансформации в процессе такого взаимодействия.

Основу экспериментальных моделей должны составлять результаты комплексного нефтеэкологического мониторинга.

Согласно современным представлениям, задачами любого мониторинга являются:

- констатация степени загрязнения природных экосистем;
- управленческие функции по предупреждению и снижению антропогенной нагрузки с проведением соответствующих мероприятий;
- прогноз негативных последствий загрязнения окружающей среды [Герасимов, 1975].

Исследования по проблемам мониторинга окружающей среды получили широкое развитие в 60-х годах прошлого столетия, когда человечество осознало надвигающуюся экологическую опасность и всерьез занялось охраной окружающей среды и изучением

влияния загрязнителей на различные составляющие природных экосистем и на здоровье человека.

К настоящему времени в области теории и методологии мониторинга природных экосистем занимались географы, геологи, биологи, климатологи, инженеры, экономисты, политологи, праведы. Отсюда появились и автономно развивались, подчиняясь решению узковедомственных задач, различные виды (направления) мониторинга. Они характеризовались односторонним подходом к изучению того или иного явления, отсутствием соответствующих инженерно-технических решений, направленных на минимизацию негативных последствий загрязнения природной среды [Белонин, Rogozina, 1996; Мониторинг природотехнических..., 1999].

За прошедшие годы в области нефтеэкологического мониторинга накоплен огромный фактический материал по изменению различных параметров почвенных экосистем под действием углеводородного загрязнения. К сожалению, эти исследования проводились в отсутствие единой программы, без должной координации и подчинения единой цели.

Это очень затрудняет создание общей (не говоря уже о частных) модели изменения почв под действием углеводородного загрязнения в аэробных условиях.

В таблице 1 сведены результаты работ ряда исследователей, занимавшихся выяснением влияния нефтяного загрязнения на изменение некоторых параметров в поверхностно загрязненных почвах. Следует отметить, что исследования проводились в различных климатических зонах, с разными типами почв, различающихся по минералогическому составу, по степени и составу антропогенной нагрузки, длительности загрязнения и другим параметрам. При исследовании эмиссии CO_2 в нефтезагрязненную почву дополнительно вносились микробная масса и различные компоненты обеспечения ее жизнедеятельности.

Общие тенденции воздействия нефтяного загрязнения на почвенные экосистемы в условиях свободного доступа воздуха по результатам перечисленных выше работ нами были обсуждены ранее [Rogozina, Архангельская, Свечина, 2004] и сведены к следующему.

Нефть и продукты ее переработки, попадая в почву, существенным образом изменяют ее физические характеристики. Гидрофобные свойства загрязнителя передаются почвенным частицам. Увеличение гидрофобности верхнего горизонта нефтезагрязненной почвы ведет к возрастанию влажности нижележащих горизонтов. Это приводит к нарушению водного и воздушного режима, к развитию анаэробных процессов (денитрификации, сульфатредукции и т.д.). Изменяется плотность и пористость почвы, ее химические свойства. Воды, сопутствующие нефти, часто содержат высокие концентрации солей натрия. Внедрение

натрия в почвенный поглощающий комплекс и вытеснение им катионов, определяющих кислотность почвы, вызывает заметное возрастание значения рН.

Поступление нефти в почву вызывает повышение содержания $C_{\text{орг}}$, в результате чего нарушается количественное отношение C:N, которое может достигать (400-420):1 вместо 10:1, благоприятного для нормального развития микроорганизмов и растений. При нефтяном загрязнении происходит изменение содержащихся в почве битуминозных веществ и группового состава гумуса, перераспределение исходных запасов почвенного органического углерода в нижележащих горизонтах.

В загрязненных почвах изменяются и агрохимические свойства – снижается содержание таких важных элементов питания как обменный калий, подвижный фосфор, изменяется соотношение форм азота.

При нефтяном загрязнении существенным образом модифицируется почвенная микробиота, причем разные группы микроорганизмов реагируют неодинаково: количество одних (азотфиксирующие, аммонифицирующие, денитрифицирующие, углеводородокисляющие, гетеротрофы, спорообразующие, бактерии, грибы, дрожжи, актиномицеты) возрастает, других (нитрофицирующие, целлюлозоразлагающие, актиномицеты) снижается, третьих остается, практически, постоянным.

Изменение видового состава некоторых групп микроорганизмов обнаруживает более определенную связь со степенью и составом нефтяного загрязнения. При высокой степени нефтяного загрязнения может произойти полное подавление роста и развития микроорганизмов.

Активизация жизнедеятельности микроорганизмов при определенных концентрациях нефтяного загрязнения сопровождается генерацией газов, изменяющей газовый режим почвенной экосистемы. В зоне свободного доступа воздуха преобладающим компонентом в составе генерирующихся газов является двуокись углерода. Изменяется не только качественный состав почвенного воздуха, но и масштабность генерации газов. В качестве примера можно привести простейший расчет.

Если предположить, что в нефтезагрязненной почве происходит окисление до CO_2 и воды 1 г нефти с содержанием в ней 85 % углерода, то образуется ~ 1,6 литра CO_2 . Несомненно, генерацию двуокиси углерода следует рассматривать как дополнительный фактор, влияющий на изменение геохимических, физико-химических и микробиологических характеристик нефтезагрязненной почвы.

**Изменение по отношению к фоновым значениям характеристик различного типа почв
под влиянием углеводородного загрязнения (по литературным данным и результатам исследований ВНИГРИ)**

№№ п/п	Параметр	Тип почвы	Загрязнитель	Дополнительные условия	Результаты исследований	Источник информации
1	2	3	4	5	6	7
1	Интенсивность дыхания почвы по выделению CO ₂	серая лесная тяжелосуглинистая	нефть, ароматические УВ (t _{кип} ⁰ =220-350С)	дрожжи, бакте- риальные культуры, активный ил	в лабораторных и микрополевых условиях повышение эмиссии CO ₂	9
2		почва	нефть	бактериальные ассоциации, биоорганическое удобрение Бамил	повышение эмиссии CO ₂	13
3		дерново- подзолистая	нефть	крахмал	образование CO ₂ резко возросло	4
4		песчаная, подзолистая	нефть. C ₁₄ H ₃₀ -C ₁₇ H ₃₆	аэрация	аэрация в значительной степени стимулирует активность естественного биоценоза в загрязненных почвах; повышение эмиссии CO ₂	7
5	Почвенные микроорганизмы	Почвенные микроорганизмы разного типа почв в различных климатических зонах отвечают на незначительное нефтяное загрязнение повышением валовой численности и усилением активности, в первую очередь, углеводородокисляющих микроорганизмов. С увеличением нагрузки нефтяного загрязнения в почвах снижается видовое разнообразие микроорганизмов, остаются немногочисленные их виды с повышенной активностью, трофические потребности которых соответствуют конкретным условиям среды. Массированное нефтяное загрязнение, возникшее при аварийных разливах, сопровождается острым токсическим действием нефти на живые организмы.				2 6 12 ВНИГРИ 2000 ВНИГРИ 2001
6		почва	нефтезагрязнение		возрастает численность бактерий, численность актиномицетов и грибов снижается	10

1	2	3	4	5	6	7
7	Почвенные микроорганизмы	черноземная пахотная	сырая нефть		значительно повысилась численность гетеротрофной микрофлоры, актиномицетов, грибов, бактерий, усваивающих минеральный азот	6
		подзол	нефть		возросла численность бактерий, использующих азот в органической и минеральной формах, снизилась численность грибов	6
8		подзол	нефть		снижение численности целлюлозоразлагающих микроорганизмов	8
9	Агрохимические показатели	почвы	нефтяное загрязнение		резко увеличивается соотношение C:N, способствующее иммобилизации азота, происходит резкое увеличение численности и активности микроорганизмов, принимающих участие в круговороте азота - азотфиксации, аммонификации и денитрификации	2
10		песчаные	нефть		увеличиваются почти все агрохимические показатели (рН, Са, Mg, Cr), уменьшается значение NH_4^+ ; NO_3^- – остается на уровне фона	16
		суглинистые	нефть		увеличиваются все показатели, особенно ($\text{Na}^+ + \text{K}^+$); SO_4^- ; HCO_3^- ; NH_4^+ . Концентрация Fe снижается	
	торфяные	нефть		рН – на уровне фона, увеличиваются концентрации Cl; SO_4^- ; NO_3^- . Содержание HCO_3^- снижается до нулевого уровня		

Прожолжение табл. 1

1	2	3	4	5	6	7
11	Агрохимические показатели	песчаные	нефть		$\text{NH}_4^+/\text{PO}_4^-$ – снижается $\text{NO}_3^-/\text{PO}_4^-$ – снижается	5
		суглинистые	нефть		$\text{NH}_4^+/\text{PO}_4^-$ – возрастает $\text{NO}_3^-/\text{PO}_4^-$ – возрастает	
		торфяные	нефть		$\text{NH}_4^+/\text{PO}_4^-$ – снижается $\text{NO}_3^-/\text{PO}_4^-$ – без изменений	
12	Динамика процессов преобразования природных систем в разных биоклиматических условиях при производстве работ нефтегазового комплекса	почвы разных типов ландшафтно-геохимических районов России	нефть и нефтепродукты, минерализованные промышленные стоки, буровые растворы, шламы, геохимически активные компоненты и другие техногенные факторы	Многолетние наблюдения за динамикой процессов преобразования природных систем в разных биоклиматических условиях (от тундр до широколиственных лесов и лесостепей) свидетельствуют, что существуют как общие для любых регионов, так и специфические формы ответов-следствий. Общие формы вторичных изменений: 1) нарушения исходных балансов веществ и элементов; 2) нарушение динамического равновесия и дестабилизация природных почвенно-геохимических и ландшафтно-геохимических процессов. Специфические формы вторичных ответов-следствий имеют ясно выраженный географический аспект – одни и те же техногенные нагрузки в разных природных обстоятельствах приводят к неодинаковым результатам. Сформулирована концепция стадийного диссонанса техногенно обусловленного развития природных систем (почв и ландшафтов).	20	

Таковы кратко направленность и тенденции изменения почвенных параметров под действием углеводородного загрязнения в зоне свободного доступа воздуха к загрязненной почве.

Зона затрудненного доступа воздуха к нефтезагрязненной почве возникает при глубоком проникновении нефтяного загрязнения в нижележащие горизонты или при аварийных разливах нефти, препятствующих поступлению воздуха в поверхностный слой почвы. В том и другом случаях нарушение кислородного баланса в системе приводит к изменению направленности почвенных процессов.

Опубликованных работ по данному направлению исследований, практически, нет.

Результаты проведенного лабораторного моделирования изменения в условиях затрудненного доступа воздуха некоторых параметров почв, загрязненных дизельным топливом в концентрации 0,5-0,6 %вес, позволили обозначить некоторые тенденции в происходящих процессах [Рогозина, Архангельская, Свечина, 2004].

Таблица 2 иллюстрирует изменение, по сравнению с контролем, ряда параметров разных типов почв в условиях проведения лабораторного моделирования.

Анализ полученного фактического материала по результатам моделирования позволил прийти к следующему заключению.

Во всех вариантах опытов наблюдались биохимические процессы, сопровождаемые изменением количества и состава микроорганизмов, битумоидов, генерацией газов. Однако, в загрязненных образцах почв, по сравнению с контрольными, процессы заторможены, а в некоторых случаях (например, вариант с загрязненным дизельным топливом мелкозернистым песком), если судить по выделению газов, практически приостановлены.

Заторможенность биохимических процессов в загрязненных почвах следует связывать с влиянием дизельного топлива, как токсиканта, на биоценоз почв. При этом важную роль играет концентрация загрязнителя.

Как известно, существует предел потенциального самоочищения (ППС) почв – предельная концентрация углеводородного загрязнителя, при которой почвы сохраняют способность к самоочищению. Для каждого типа почв существует свой предел потенциального самоочищения, значение которого зависит от состава углеводородного загрязнителя и условий его утилизации. В определенной степени ППС можно отождествлять с ПДК. Однако, на сегодняшний день еще не существует конкретных значений ППС и ПДК для конкретных типов углеводородных загрязнителей и почв разного типа.

В опубликованных работах и нормативных документах часто не существует четкого указания о том, к какой почве (влажной или воздушно-сухой) относятся принятые

показатели уровня загрязнения земель нефтью и нефтепродуктами. Проведенные нами расчеты показали, что 0,5-0,6% загрязнения на влажную почву соответствуют 0,66 - 2,13 % на сухое вещество. Рассмотренный вопрос имеет принципиальное значение, поскольку показатель уровня загрязнения учитывается при разработке мероприятий по очистке и рекультивации нефтезагрязненных почв.

По нашему мнению, наиболее целесообразно определять эти показатели по весу на сухое вещество, как это принято, например, в нормативных актах Голландии [Пиковский, 1999].

Согласно таблице 2, во всех вариантах опытов с загрязнением произошло снижение численности грибов, аэробной группы целлюлозоразлагающих бактерий, метанобразующих гетеротрофов. В опытах с загрязненной торфянистой и окультуренной садово-огородной почвами отмечено возрастание гетеротрофов (сапрофитов), денитрифицирующих и сульфатредуцирующих бактерий.

Особенно существенные изменения в результате загрязнения дизельным топливом произошли в дерново-подзолистой почве. Для этого типа почвы характерно снижение всех определяемых групп микроорганизмов вплоть до полного исчезновения некоторых из них, что, возможно, связано с более кислой, чем до опыта, реакцией среды.

Изменение в количественном и качественном составе микробиоценоза загрязненных почв обусловили направленность биохимических процессов. Немаловажная роль в этих процессах принадлежит органическому веществу, минеральной части пород. Направленность биохимических процессов зависит от количества и качественного состава ОВ. В этом плане представляют интерес исследования по влиянию концентрации и состава углеводородного загрязнителя на трансформацию ОВ в разных типах почв.

Одним из критериев по оценке негативного влияния нефтяного загрязнения на почвы, по нашему мнению, может выступать отношение $\frac{\text{степень загрязнения}}{\text{содержание ОВ}}$, не менее важен и состав минеральной составляющей почв, поскольку она также задействована в биохимических процессах.

Загрязнение почвы дизельным топливом вызвало значительные изменения в содержании и составе битумоидов, по сравнению с контролем. Для всех типов почв, за исключением мелкозернистого песка, наблюдается возрастание хлороформенного битумоида, а в его составе - масел и сп/б смол, и снижение бензольных смол. В случае торфянистой почвы наблюдается возрастание асфальтенов, в садово-огородной и дерново-подзолистой почвах их содержание снижается.

Таблица 2

Направленность в изменении микробиологических, химико-битуминологических и газовых характеристик различного типа почв под действием углеводородного загрязнения в условиях затрудненного доступа воздуха (по данным лабораторного моделирования [Рогозина, Архангельская, Свечина, 2004])

Параметр	Направленность изменения по отношению к незагрязненной (контрольной) почве				
	Торфянистая почва	Окультуренная садово-огородная почва	Дерново-подзолистая почва	Песок мелкозернистый	
рН	без изменений	возрастание	снижение	возрастание	
Микроорганизмы, кл/г влажной почвы					
Грибы	снижение	снижение	снижение	снижение	
Гетеротрофы (сапрофиты)	возрастание	возрастание	снижение	возрастание	
Углеводород-окисляющие	без изменения	возрастание	резкое снижение	без изменений	
Денитрифицирующие	возрастание	возрастание	резкое снижение	резкое снижение	
Сульфатредуцирующие	возрастание	возрастание	без изменений	резкое снижение	
Водородобразующие	возрастание	без изменений	снижение	возрастание	
Метанообразующие (гетеротрофы)	резкое снижение	резкое снижение	резкое снижение	отсутствие во всех вариантах опытов	
Целлюлозоразлагающие	аэробы	снижение	снижение	резкое снижение	без изменений
	анаэробы	снижение	возрастание	резкое снижение	возрастание
ХБА, % на воздушно-сух. почву	возрастание	возрастание	возрастание	возрастание	
в том числе	М	возрастание	возрастание	возрастание	нет данных
	б См	снижение	снижение	снижение	
	сп/б См	возрастание	возрастание	возрастание	
	Асф	возрастание	снижение	снижение	
Σ газов, мл/кг вл. почвы	снижение	снижение	снижение	Отсутствие свободно выделяющегося газа в загрязненной почве	
в том числе	CO ₂	снижение	возрастание		снижение
	O ₂	снижение	снижение		снижение
	CH ₄	снижение	снижение		снижение
	C ₂ H ₆	снижение	возрастание		снижение
	C ₂ H ₄	возрастание	возрастание		снижение
	C ₃ H ₈	снижение	возрастание		снижение
	C ₃ H ₆	снижение	возрастание		снижение
	H ₂	снижение	отсутствие в составе выделяющегося газа		
N ₂	снижение	снижение	снижение		

В загрязненных дизельным топливом почвах, за исключением мелкозернистого песка, происходит генерация биохимических газов, но в меньших масштабах (для суммы газов, метана и азота), чем в незагрязненных почвах. Для загрязненных почв зафиксирован больший расход содержащегося в системе кислорода, по сравнению с незагрязненными.

Направленность в генерации остальных газовых компонентов неоднозначна и связана, как было указано выше, со спецификой разных типов почв.

Наиболее существенное влияние дизельное топливо оказало на изменение рассматриваемых параметров мелкозернистого песка. Логично предположить, что внесенная концентрация дизельного топлива оказалась катастрофически высокой для песка в расчете на органическое вещество. Отношение степени загрязнения к содержанию $C_{орг.}$ равно 22.

Для окультуренной садово-огородной и торфянистой почв это соотношение составляет 0,20 и 0,08, соответственно, а в расчете на органическое вещество значение его еще ниже. С учетом состава дизельного топлива (содержание масел свыше 90%) и анаэробных условий становится понятным для этих типов почв изменение направленности биохимических процессов в опыте – происходит не утилизация загрязнителя, а трансформация ОВ с новообразованием битумоидов. Это обстоятельство следует учитывать при разработке технологии очистки и рекультивации почв с глубоко проникшим углеводородным загрязнением.

Результаты проведенного моделирования с различными типами почв показали их неоднозначную реакцию на загрязнение дизельным топливом.

Согласно табл. 2, однонаправленно для рассмотренных типов почв под действием дизельного топлива происходит, по данным микробиологических исследований,

- снижение численности грибов;
- резкое снижение численности метанообразующих (гетеротрофы) микроорганизмов.

Загрязнение дизельным топливом сопровождалось увеличением содержания ХБА (% на воздушно-сухую почву), включая масла и спиртобензольные смолы. Содержание бензольных смол в расчете на почву снижается. Групповой состав битумоида мелкозернистого песка не был исследован.

В опыте с загрязненным мелкозернистым песком, по сравнению с незагрязненным, не было установлено выделение свободного газа.

Для остальных типов почвы загрязнение дизельным топливом сопровождается снижением, по сравнению с фоном, генерации биохимических газов (мл/кг вл. почвы), включая генерацию CO_2 , CH_4 , N_2 . В загрязненных почвах, по сравнению с контролем, снижается, как отмечалось выше, содержание кислорода в составе выделяющегося газа.

Количественное изменение остальных рассмотренных характеристик происходит неоднозначно, что свидетельствует о различной реакции разных типов почвы на одно и то же нефтяное загрязнение (в данном случае – дизельное топливо).

Принимая во внимание вышеизложенное и результаты большого количества опубликованных материалов по различным вопросам нефтеэкологии, можно утверждать, что:

- 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;
- в условиях затрудненного доступа воздуха преобразования в системе загрязненная почва – углеводородный загрязнитель сопровождаются генерацией биохимических газов (CO_2 , N_2 , CH_4 , предельные и непредельные гомологи метана).

В связи с этим большое научное и практическое значение приобретает проблема создания моделей изменения основных параметров почвенных экосистем под действием углеводородного загрязнения.

Актуальность ее на сегодняшний день очевидна, как и очевидна многоплановость и сложность решения этой проблемы. При моделировании необходимо учитывать тип ландшафтно-геохимического района, тип почвы, состав, степень и глубину проникновения в почву нефтяного загрязнения и целый ряд других параметров, характеризующих как саму почвенную систему, так и нефтяной загрязнитель. Построение такого рода моделей может быть осуществлено в природных условиях на территориях, уже подвергшихся загрязнению нефтью или нефтепродуктами, 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.

Последующее многолетнее и одновременное наблюдение за изменением различных составляющих загрязненной и фоновой почвы позволяет построить соответствующие модели и оценить негативные последствия нефтяного загрязнения. При этом важно проследить и трансформацию во времени самого загрязнителя.

Комплексный нефтеэкологический мониторинг, как отмечалось выше, является основой построения моделей изменения в природных условиях почвенных экосистем под действием углеводородного загрязнения.

В рамках разработанной во ВНИГРИ концепции проведения комплексного нефтеэкологического мониторинга [Рогозина, Архангельская, Свечина, 2002; Рогозина, 2006] были предложены параметры, по которым имеет смысл отслеживать во времени изменение нефтяного загрязнения почвенных экосистем:

- концентрация нефти и нефтепродуктов в почве;
 - состав загрязнителя, как минимум, на уровне содержания масел, смол и асфальтенов;
- по ряду реперных точек имеет смысл отслеживать изменение загрязнителя до уровня содержания индивидуальных углеводородов;
- изменение площади загрязнения и глубины проникновения в почву.

Из основных характеристик почвы были предложены следующие:

- рН, Eh, Т, влажность, плотность, пористость;
- органический углерод, нерастворимый остаток;
- гумус, калий, фосфор, азот;
- тяжелые металлы, радиоактивные элементы и продукты их распада;
- микроорганизмы, в первую очередь – углеводородоокисляющие;
- газовая составляющая, в первую очередь – эмиссия двуокиси углерода.

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

Фактический материал, полученный при проведении такого рода многолетних исследований, позволил бы построить наиболее объективные модели изменения почвенных экосистем под действием углеводородного загрязнения.

Важным моментом при проведении таких исследований является вариантность в выборе полигонов на нефтезагрязненных территориях, которая может быть обусловлена: источниками загрязнения (хранилища нефти и нефтепродуктов, трубопроводы, нефтеперерабатывающие заводы, территории месторождений углеводородного сырья и др.), составом нефтяного загрязнения (нефть, конденсат, мазут, дизельное топливо и т.п.), характером и особенностями ландшафта, почв, климата и т.д.

Из возможного множества вариантов необходимо выбрать такие, которые привели бы к построению типовых моделей изменения основных параметров почвенных экосистем в природных условиях под действием нефтяного загрязнения.

При лабораторном моделировании воспроизвести природный процесс изменения почвы под действием нефтяного загрязнения практически невозможно. Однако, в конкретно заданных условиях можно уловить тенденции направленности процессов изменения как самих почв, так и нефтяного загрязнения. Вариантность в проведении лабораторного моделирования зависит от поставленных цели и задач, выбора объектов исследования, типа нефтяного загрязнения, технических возможностей лабораторной базы, условий и продолжительности опытов и т.д. При лабораторном моделировании природных процессов решающим фактором является продолжительность проведения эксперимента.

Результаты лабораторного моделирования процессов изменения почв под действием нефтяного загрязнения и построение соответствующих моделей позволяют в ряде случаев более четко представить происходящие в природе процессы.

Наиболее реальный путь в решении рассматриваемой проблемы, по нашему мнению – 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, по нашему мнению, могут быть приняты:

- тип почвы;
- тип 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 типу ландшафтно-климатического района.

На сегодняшний день исследования по рассматриваемой проблеме нуждаются в разработке комплексной программы, если не федерального, то хотя бы регионального уровня, в централизованном руководстве и координации научно-практических работ соответствующих областей исследований, в достаточном финансовом обеспечении.

Литература

Белонин М.Д. Рогозина Е.А. Актуальные проблемы нефтеэкологии / Докл. первой Межд. конф. «Охрана окружающей среды при поисках, разведке, разработке месторождений углеводородного сырья, его переработке и транспортировке». СПб., 1996. С. 12 - 18.

Восстановление нефтезагрязненных почвенных экосистем. М.: Наука, 1988, 254 с.

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

Диагностические признаки различных уровней загрязнения почвы нефтью / Д.Г. Звягинцев, В.С. Гузев, С.В. Левин и др. // Почвоведение № 1. 1989. С. 72 - 78.

Исмаилов Н.М. Нефтяное загрязнение и биологическая активность почв // Добыча полезных ископаемых и геохимия природных экосистем. М.: Наука, 1982. С. 237 - 243.

Исмаилов Н.М. Микробиология и ферментативная активность нефтезагрязненных почв // Восстановление нефтезагрязненных почвенных экосистем. М.: Наука, 1988. С. 42 - 56.

Исследование эмиссии углекислого газа и активность углеводородокисляющих микроорганизмов в нефтезагрязненных почвах различного типа (по данным лабораторного моделирования) / Л.Г. Травникова, Е.А. Рогозина, А.В. Хотянович и др. // Перспективы развития и освоения топливно-энергетической базы Северо-Западного экономического района РФ. СПб., 2001. С. 219 - 224.

К вопросу о роли микроорганизмов в разложении нефтяного загрязнения / С.М. Самосова, В.И. Фильченкова, Г.М. Усачева и др. // Материалы Всесоюзного симпозиума «Микроорганизмы как компонент биогеоценоза». Алма-Ата, 1982. С. 54 - 55.

Киреева Н.А. Биодеструкция нефти в почве культурами углеводородокисляющих микроорганизмов // Биотехнология, № 1. 1996. С. 51 - 54.

Микрофлора черноземных почв и ее активность при загрязнении нефтью / С.М. Самосова, В.И. Фильченкова, Р.Р. Кипрова и др. // Дет. в ВИНТИ, 15.11.83. № 6073-83, 1983.

Мониторинг природотехнических систем Западной Сибири // Обзорная информация. М.: Геоинформмарк, 1999, 67 с.

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

Мохаммед Кхариф. Очистка почв от нефтезагрязнений с использованием ассоциаций микроорганизмов – алканотрофов // Автореферат. Дисс. на соискание уч.ст. кандидата биологических наук. СПб., 2000.

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

Пиковский Ю.И. Природные и техногенные потоки углеводородов в окружающей среде. М.: МГУ, 1999, 208 с.

Пыстина Н.Б., Загородная А.А., Куциль О.В. Основные аспекты организации и проведения комплексного экологического мониторинга на предприятии «Севергазпром» / Сб. Севергазпром: союз науки и производства в области геологии, разработки месторождений и транспорта газа в Тимано-печорской провинции. Ухта, 1999. С. 680 - 692.

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

Рогозина Е.А. Актуальные вопросы проблемы очистки нефтезагрязненных почв // Актуальные проблемы прогнозирования, поисков, разведки и добычи нефти и газа в России и странах СНГ. Геология, экология, экономика. СПб.: Недра, 2006. С. 522 - 528.

Система методического и нормативного обеспечения работ в области нефтеэкологии / М. Д. Белонин, Е.А. Рогозина, В.К. Шиманский, А.В. Хотянович // Доклады Второй Межд. конф. «Нормативно-методические и правовые основы постоянно действующей службы нефтеэкологического мониторинга и принципы ее финансового обеспечения». СПб., 1999. С. 10 - 22.

Солнцева Н.П. Добыча нефти и геохимия природных ландшафтов. М.:МГУ, 1998, 376 с.