

УДК 502.52:504.5:622.323

К ВОПРОСУ ИССЛЕДОВАНИЯ ФИЛЬТРАЦИИ НЕФТИ В ПОЧВАХ

Тюленева В.А., Соляник В.А., Васькина И.В.
Сумской государственной университет

Шалугин В.С.

Кременчугский государственный политехнический университет

Введение. Добываемое в нефтегазовой промышленности углеводородное сырье оказывает значительное негативное воздействие на многие компоненты природной среды. Ежегодно в мире добывается свыше 2,5 млрд. т сырой нефти, и в результате нефтяного загрязнения значительные территории становятся непригодными для сельскохозяйственного использования. Этим обуславливается актуальность задачи рекультивации нефтезагрязненных почв и связанных с этим исследований.

Анализ литературных данных. Наиболее серьезные загрязнения почв нефтепродуктами возникают в результате различных аварийных ситуаций на производстве. Чаще всего, это разливы вследствие разрывов нефтепродуктопроводов. В таких случаях участки, занятые загрязненными почвами, могут достигать по площади нескольких гектаров и более. Загрязнение больших площадей возможно также при фонтанировании нефти из эксплуатационных скважин, находящихся в состоянии бурения.

Следствием такого загрязнения является ухудшение условий природной среды, повышение заболеваемости населения. Так как в Сумской области добывается более 50 % украинской нефти (Ахтырский, Лебединский, Липоводолинский и Роменский районы), экологические проблемы, связанные с нефтегазовым комплексом, являются актуальными для нашего региона.

Качановское месторождение является одним из наиболее крупных в регионе. Территория данного месторождения характеризуется довольно высокой степенью комплексного загрязнения почв нефтепродуктами, что объясняется сосредоточением на его территории нефтегазодобывающих скважин, нефте-, газопроводов, пунктов подготовки нефти, сложных объектов подготовки и закачки попутных пластовых вод. Площадь, занятая загрязненными почвами, оценивается в 14,15 га, из которых 5,8 га - приходится на пахотные земли.

При инфильтрации нефтепродуктов в почве происходит нарушение ее водно-воздушного режима, изменение структуры почвы, перенос токсичных веществ, трансформация углеродно-азотного баланса почвы и миграционных способностей отдельных микроэлементов [1]. При высоком содержании нефтепродуктов почва может стать полностью водо-, воздухонепроницаемой и, таким образом, временно потерять плодородие [2]. Кроме того, в почвах, загрязненных углеводородами, отмечается усиленное размножение микро-

организмов – азотфиксирующих, денитрифицирующих и сульфатовосстанавливающих бактерий, которые используют нефть в качестве источника энергии, углерода, приводя к минерализации и к частичному окислению нефти. Однако, интенсивный рост микроорганизмов, активно усваивающих растворимые соединения, сильно обедняют почву соединениями азота и фосфора, что в дальнейшем может сыграть роль лимитирующего фактора в развитии растительных сообществ [3].

Таким образом, можно сделать вывод, что негативное влияние нефти на почвенный покров проявляется в следующем:

- ухудшение азотного режима почвы;
- нарушение фильтрационного режима почв;
- нарушение корневого питания растений и растительного покрова;
- миграция токсичных веществ внутри почвенного слоя;
- засоление и радиоактивное загрязнение почв.

Как следствие, наблюдается потеря естественного плодородия почв, в результате чего территории отторгаются из сельскохозяйственного использования.

С попаданием на почву сырой нефти и нефтепродуктов начинается процесс их естественного фракционирования и разложения. Некоторая часть нефти механически выносится поверхностными водами за пределы площади загрязнения и рассеивается на путях движения водных потоков. Часть нефти в почвенном слое подвергается химическому и биологическому окислению. Нефтяные вещества способны накапливаться в донных отложениях озер, болот и водохранилищ, а затем, с течением времени, включаться в физико-химическую, механическую и биогенную миграции вещества [4]. Преобладание тех или иных процессов превращения, миграции и аккумуляции нефтепродуктов в значительной мере зависят от природно-климатических условий и свойств почв, в которые поступают эти загрязняющие вещества.

Легкие нефтяные фракции обладают повышенной токсичностью для живых организмов. В то же время их высокая испаряемость способствует быстрому самоочищению компонентов природной среды. Парафин не оказывает сильного токсичного действия на живые организмы, но благодаря высокой температуре застывания существенно влияет на физические свойства почв. По степени парафинистости нефти и содержанию легких фракций можно судить о характере воздействия нефтяного

загрязнения на почву и устойчивости этого воздействия. Содержание серы — также важный признак при оценке влияния нефти на природную среду. С увеличением сернистости нефти возрастает опасность сероводородного загрязнения почв.

Характер распределения и удержания по профилю почв компонентов нефти зависят от ряда факторов: физических и физико-химических свойств почв, рельефа местности, количества и состава нефти, времени воздействия на почвы. Все это определяет характер загрязнения почв в конкретной природной зоне [4].

Загрязнение почв нефтью при ее разливах наблюдается, в основном, в верхних горизонтах. Установлено, что попавшая при этом в почву нефть опускается вертикально под действием силы тяжести [5]. Одновременно она распространяется вширь, проникая в поры между частицами грунта. Скорость просачивания нефти зависит от ее свойств, характера грунта, а также от количественных соотношений нефти, воздуха и воды в образовавшейся многофазной движущейся системе. Чем меньше нефти в такой системе и выше соотношение других компонентов, тем труднее нефти проникнуть сквозь грунт.

При достижении нефтью уровня грунтовых вод дальнейшее ее движение вниз прекращается. При этом легкие фракции могут всплывать на поверхность воды. Расширение площади распространения нефти под действием капиллярных сил уменьшает насыщенность ею грунта. Ниже определенного уровня насыщения, так называемого остаточного насыщения, составляющего 10...12%, нефть перестает мигрировать и становится неподвижной. Проявление капиллярного эффекта хорошо прослеживается при значительной проницаемости и пористости грунтов. Например, пески и гравийные грунты весьма благоприятны для миграции нефти, а глины и илы - ограничивают расстояние, на которое она может перемещаться. В горных породах нефть движется по трещинам. Таким образом, размеры вертикальной и горизонтальной миграции можно довольно уверенно прогнозировать [6].

Цель работы. Установить влияние природных факторов на условия и скорость фильтрации нефти.

Материалы и результаты исследований. Наблюдения за загрязнением грунтовых вод по скважинам Ахтырского НГДУ показали наличие на 21 скважине нефтяных пленок различной толщины на глубине около 10 м, что соответствует уровню грунтовых вод. Это ставит вопрос об исследовании миграции нефти на глубину залегания грунтовых вод. Поэтому нами были проведены исследования фильтрации нефти в черноземных почвах. Тип почвы по механическому составу определен

как суглинок иловатый, с плотностью 0,9 г/см³ и удельным сцеплением 0,08 (табл. 1).

**Таблица 1 –
Механический состав почвы, %**

Размер частиц, мм	Количество частиц, %
5–2	–
2–1	1,3
1–0,5	9,1
0,5–0,1	24,2
< 0,1	65,4

Для исследования фильтрации нефти в почве использовалась методика, разработанная Государственным институтом гидрологии [7]. Эта методика апробирована во многих исследованиях и является на сегодняшний день общепринятой. В исследованиях применялся инфильтрометр ПВМ конструкции И.С.Нестерова, который широко используется для определения коэффициента фильтрации.

Фильтрационные кольца вдавливались в грунт на 10 и 20 см таким образом, что на поверхности грунта оставалась высота кольца 5 см. Было подготовлено три участка с разной влажностью: сухой грунт с влажностью соответствующей коэффициенту увядания, с наименьшей полевой влагоемкостью и с полной влагоемкостью. Все три участка заливались нефтью в количестве, образующем на поверхности почвы слой толщиной в 1 см. Дополнительно, для исследования особенностей фильтрации в сухой почве, на участок вносили нефть, образующую слой в 2, 3 и 4 см. Таким образом, на трех участках с разной степенью увлажненности грунта было проведено 6 экспериментов по три в каждом.

Проведенные эксперименты по фильтрации нефти в почве показали следующие результаты (табл. 2).

Как видно из результатов исследования, фильтрация нефти в грунт легче всего происходит на увлажненных грунтах, причем она заметна спустя даже 72 часа после начала эксперимента. Фильтрация нефти на сухом грунте прекратилась через 48 часов от начала эксперимента. Визуально уже на третьи сутки нефть образовала корку на поверхности почвы, причем на участке с сухой почвой толщина почвенной корки прямо пропорциональна толщине слоя разлитой нефти.

На участке с наименьшей полевой влагоемкостью слой нефти в 1 см через 24 часа дал такие же результаты по перемещению нефти вглубь, как и трехсантиметровый слой нефти на сухом грунте, а в случае с полной влагоемкостью - перемещение нефти было самым активным. Это подтверждается и результатами фильтрации нефти в последующие двое суток.

Таблиця 2 –

Результаты фильтрации нефти в почву при разной влажности почвы (суглинок иловатый)

Тип участка	Толща слоя нефти на поверхности почвы, см	Глубина фильтрации нефти, см			
		24 ч	48 ч	72 ч	96 ч
Сухой (влажность 15%)	1	7	13	13	13
	2	11	14	14	14
	3	13	17	17	17
	4	17	20	21	21
Увлажненный (наименьшая полевая влагоемкость)	1	13	16	17	17
Увлажненный (полная влагоемкость)	1	15	19	20	20

Следовательно, в сухой почве фильтрация нефти происходит гораздо медленнее, чем во влажной. Очевидно, перемещение нефти в сухом грунте затрудняется процессом «обволакивания» почвенных частиц на что затрачивается время и соответственно само количество нефти. Так, только в случае толщины нефти в 4 см на сухом грунте замечено продолжение фильтрации нефти через 72 часа (на 1 см). Кроме того, на поверхности сухой почвы нефть очень быстро образует водонепроницаемую и воздухопроницаемую корку, уже через 48 часов корка хорошо формируется и достаточно трудно разбивается. На увлажненных участках эта корка более легко поддается рыхлению, несмотря на ее большую толщину.

На увлажненных почвах процесс фильтрации нефти продолжался и на третьи сутки, хотя скорость фильтрации замедлилась, и на четвертые сутки вовсе не наблюдалась. Этот процесс можно объяснить тем, что продвижение нефти в грунт, вероятнее всего происходит не только под влиянием силы тяжести, как в случае с сухим грунтом, но и под воздействием силы натяжения мениска воды в капиллярах, а также в порах и пустотах между комочками грунта.

Однако, в случае с увлажненным грунтом слой нефти на поверхности в эксперименте закладывался в 1 см, но по закономерности опыта на «сухом» участке и полученных скоростях инфильтрации на увлажненных участках можно предположить более глубокое проникновение нефти в грунт.

Выводы. В результате проведенных экспериментов выявлены следующие закономерности. В первых, фильтрация нефти в почве связана с

влажностью почвы (нефть быстрее перемещается во влажных грунтах), что вероятно, связано с мениском натяжения фильтрующей воды. Кроме того, на поверхности и в толще грунта она образует воздухо- и водонепроницаемую корку, которая, однако, на влажных почвах довольно легко разрушается, поэтому возможно проникновение новых порций воды при последующих дождях в грунт, что, в свою очередь, способствует прохождению нефти в глубину.

ЛИТЕРАТУРА

1. Солнцева Н.П. Общие закономерности трансформации почв в районах добычи нефти (формы проявления, основные процессы, модели) // Восстановление нефтезагрязненных почвенных экосистем. – М.: Наука, 1988. – С. 24-41.
2. Тюленева В.А., Соляник В.А., Соляник И.В. Биовосстановление почв, загрязненных нефтепродуктами // Вісник Сумського державного університету. Сер. Технічні науки. – 2004. - №2 (61). – С. 177-18.
3. Гавриш В.К. Нафта і навколишнє середовище. – Київ.: Знання, 1984. – С.209.
4. Назаров Г.В. Зональные особенности водопроницаемости почв СССР. - Л. Издательство Ленинградского университета. 1970. - 182 с.
5. Рэуце К., Кырстя С. Борьба с загрязнением почв.- М.: Агропромиздат, 1986. – С.317.
6. Мазур И.И. Экология нефтегазового комплекса. – М.: Недра, 1993. – С.206.
7. Методы исследования водного баланса территории и картирования его элементов / Под редакцией Грина А.М. - М., 1973. - 220 с.

Статья поступила 4.04.2006 г.
Рекомендовано к печати д.т.н., проф.
Артамоновым В.В.