ЕКОЛОГІЧНІ АСПЕКТИ

УДК 614.77:504.5:543.275.2:614.78/.79

ПОКРАЩЕННЯ САНІТАРНОГО СТАНУ ҐРУНТІВ НАСЕЛЕНИХ МІСЦЬ ІЗ ЗАСТОСУВАННЯМ МЕТОДУ БІОРЕМЕДІАЦІЇ*

Кулагін О.О.

ДЗ «Дніпропетровська медична академія МОЗ України», м. Дніпропетровськ

Цель исследований. Оценка в лабораторном эксперименте и натурных условиях эффективности разных типов биопрепаратов для очистки почвы, загрязненной нефтепродуктами (НП). Материалы и методы исследований. Для достижения поставленной задачи эксперимент проводили в лабораторных и натурных условиях с использованием двух разных типов биопрепаратов – в виде твердой смеси (№ 1) и в виде водного раствора для орошения (№ 2). В натурном эксперименте деструктивную активность препарата изучали на промышленных площадках силовых электроподстанций в г. Днепропетровск, которые были загрязнены трансформаторным маслом (ТМ). В лабораторном эксперименте использовали 3 варианта загрязнения почвы дизельным топливом (ДТ) с добавлением разных концентраций сорбента. Результаты исследований. В процессе проведения исследований установлено, что на площадках силовых электроподстанций содержание ТМ во всех исследуемых образцах, отобранных с поверхностных (0-30 см) и более глубоких (30-60 см) слоев почвы значительно уменьшился и составлял 895,52-3988,03мг/кг, в сравнении с результатами анализа проб осени 2015 года 10 978,04-94 мг/кг соответственно. В процессе проведения лабораторного эксперимента установлено, что чем больше концентрация сорбента тем эффективнее его деструктивная активность в результате которой на 60 сутки эксперимента остаточная концентрация ДТ составляла 11,66-53,29 % от исходной. Вывод. Учитывая закономерности процессов фильтрации жидкости в почвах, применение биопрепаратов в жидкой форме является целесообразным при загрязнении поверхностных слоев (0-30 см) при невысоких – до 12 000 мг/кг, концентрациях НП. При значительных количествах НП (до 94,7 г/кг) и загрязненных более глубоких слоев почвы наиболее эффективным является применение деструкторов на твердой матрице. Внесение биопрепаратов № 1 и № 2 в загрязненную почву в экспозиции 2-9 месяцев обеспечивает его очищение с эффективностью от 95,8 до 46,3 %.

Ключевые слова: почва, дизельное топливо, трансформаторное масло, биоремедиация.

Актуальність

За останнє десятиліття нафта та нафтопродукти (НП) поряд з пестицидами стали одними з найпоширеніших забруднювачів довкілля. Враховуючи дуже стрімкий розвиток промисловості, збільшення транспортного навантаження, світовий видобуток нафти кожного року в середньому зростає майже на 2 %. Разом з цим в процесі видобування, транспортування та зберігання НП, велика кількість їх потрапляє у навколишнє середовище [1, 2].

Майже 50 % нафти та НП від усіх втрат потрапляє у ґрунт. Забруднення НП ґрунтів впливає на всі складові екосистеми: ґрунтову мікрофлору, рослинний та тваринний світ [3]. Нафта та НП надзвичайно важко піддаються біологічному окисненню в ґрунтовому середовищі [4]. Важливо, що в сучасних містах це є додатковим фактором деградації нестійких штучних екосистем та збільшення ризиків виникнення екологічно зумовлених захворювань серед населення [5].

Природне відновлення ґрунтових екосистем, забруднених нафтою та НП, є довготривалим і складним процесом [6]. Ґрунти під впливом забруднення нафтопродуктами відновлюються набагато гірше, ніж водне і повітряне середовище, оскільки вони здатні акумулювати і закріплювати токсичні речовини [7]. Досліджено, що природна трансформація нафтопродуктів у ґрунті в результаті аварійних виливів, доволі тривала у часі і становить 45 і більше років [8].

На сьогоднішній день існує декілька методів очищення ґрунту забрудненого нафтою та НП, а саме: механічні, фізичні, хімічні, біологічні та комплексні методи [9, 10]. З них найбільш перспективним є біологічний метод, суть якого полягає у застосуванні мікроорганізмів-деструкторів (нафтоокислювальних бактерій). Використовуються також поверхнево-активні речовини мікробного походження (біоПАР, біосурфактанти) –

* *Цитування при атестації кадрів: Кулагін О.О. Покращення санітарного стану ґрунтів населених місць із застосуванням методу біоремедіації // Проблеми екології і медицини. – 2016. – Т. 20, № 1-2. – С. 20–22.*

продукти синтезу нафтоокиснювальних бактерій, механізм дії яких полягає в десорбції та солюбілізації вуглеводнів, а також – у стимуляції активності деструкторів нафти [11]. Ефективність біологічного методу ремедіації ґрунтів залежить від багатьох чинників – ступеню вихідного забруднення ґрунту, типу бактерій-деструкторів, способу їх внесення, часу експозиції, зовнішніх кліматичних факторів тощо. Отже, дослідження оптимальних умов застосування біологічних методів очищення ґрунтів від НП в натурних і експериментальних умовах є актуальним еколого-гігієнічним завданням.

Мета досліджень

Оцінка в лабораторному експерименті та натурних умовах ефективності різних типів біопрепаратів для очищення ґрунту, забрудненого НП.

Матеріали та методи досліджень

Для досягнення поставленої мети експеримент проводили в лабораторних та натурних умовах із застосуванням двох різних типів біопрепаратів – у вигляді твердої суміші (№ 1) та у вигляді водного розчину для зрошування (№ 2).

В натурному експерименті використовували препарат № 1, який включає іммобілізовані на нафтопоглинальному сорбенті (подрібнене деревне вугілля, фракція 1-5 мм) активні штами вуглеводнеокислювальних актинобактерій, що належать до видів Dietzia maris, Gordonia rubripertincta, Rhodococcus erythropolis. Деструктивну активність препарату вивчали на промислових майданчиках силових електропідстанцій у м. Дніпропетровську, які були забрудненні трансформаторною оливою (ТО) в результаті зливально-наливальних операцій та витоку ТО через шпарини у місцях з'єднання окремих частин агрегатів. До внесення біопрепарату було відібрано 9 проб для визначення концентрації НП у забруднених землях промислових майданчиків. В середині вересня 2015 року розпочато експеримент по очищенню забрудненої ділянки ТО, в ході якого було скопано (спушено) забруднені ділянки на голубину 40 см і зволожено. В процесі скопування було внесено біопрепарат № 1 в розрахунку 2-4 кілограми на 1 м^2. Через дев'ять місяців – у середині травня 2016 року, було відібрано повторно 9 проб ґрунту для встановлення концентрації НП. Визначення вмісту НП проводили за допомогою МВВ № 081/12-0116-03 [12].

Для проведення лабораторного експерименту було обрано препарат № 2, який створено на базі авірулентних нафтоокислюючих бактерій роду Pseudomonas fluorescens. В ході проведення дослідження використовували 3 варіанти забруднення ґрунтів дизельним паливом (ДП) у кількостях 6000, 12000 та 22000 мг/кг. Кожен із варіантів був розміщений у окремому ящику, який, в свою чергу, розподіляли на чотири комірки розміром 20*15*15 см куди засипалося по 3,0 кг ґрунту. Експеримент проводили з використанням чорнозему малогумосного типового, відібраного у віддаленому місці від автодоріг та будь-яких джерел з використанням нафти та НП. Після розподілення у ящику забрудненого ґрунту ДП на комірки одну залишали без додавання препарату (контроль), а в інші вносили рідкий препарат бактерій-деструкторів у кількості 30, 60 та 90 мл (10, 20, 30 мг/кг) з додаванням 10 г торфу. Надалі ґрунт, препарат та нафтопродукти ще раз ретельно перемішували і зволожували до 60 % відносної вологості. Контроль вмісту НП проводили на 1, 15, 30 та 60 добу за допомогою згаданого вище методу.

Статистична обробка матеріалів проводилась з використанням пакету програм Microsoft Excel 2010 та STATISTICA v.6.1®.

Результати та їх обговорення

В ході проведення досліджень встановлено, що на майданчиках силових електропідстанції вміст ТО у всіх досліджених зразках, відібраних з поверхневих (0-30 см) та більш глибоких (30-60 см) шарів ґрунту значно зменшився у порівнянні з результатами аналізу проб восени 2015 року. Так, навесні 2016 року концентрація НП у пробах № 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7 та 8 становила 1984,12 мг/кг; 895,52 мг/кг; 3984,06 мг/кг; 2994,01 мг/кг; 3988,03 мг/кг; 2985,07 мг/кг; 1988,07 мг/кг та 996,01 мг/кг відповідно, що в свою чергу не перевищувало залишкову кількість НП від початкової концентрації більш ніж на 16,6 % (табл. 1).

В ході проведення лабораторного експерименту встановлено, що з першої по п'ятнадцяту добу вміст ДП у всіх досліджуваних зразках значно зменшився і становив не більше 60 % від внесеної на початку експерименту концентрації. Це явище ми пов'язуємо з тим, що летка частина ДП при поверхневому забрудненні ґрунту активно випаровується у атмосферне повітря.

Таблиця 1

Динаміка вмісту нафтопродуктів у ґрунті в натурному експерименті.

№ проби	Глибина відбору, см	Концентрація нафтопродуктів, мг/кг (до проведення ремедіації ґрунту)	Концентрація нафтопродуктів, мг/кг (після проведення ремедіації ґрунту)	Залишкова кількість від початкової концентрації, %
1	30-60	11 928,42	1984,12	16,6
2	30-60	10 978,04	895,52	8,1
3	30-60	94 715,85	3984,06	4,2
4	0-30	21 934,19	2994,01	13,6
5	0-30	83 000	3988,03	4,8
6	0-30	29 880,47	2985,07	9,9
7	0-30	33 932,13	1988,07	5,8
8	0-30	24 950,09	996,01	3,99
9 (фон)	0-30	4990,01	3980,09	79,6

Слід зауважити, що на 60 добу проведення експерименту вміст ДП у всіх контрольних зразках коливався в межах 54,11-49,07 % від початкової концентрації. Найвідчутніший ефект деструктивної дії сорбенту встановлено при забруднені ґрунту найменшою з досліджуваних концентрацій ДП (6000 мг/кг), де залишкові кількості НП порівняно з початковими становили 31,64; 18,33 та 11,66 % при концентраціях сорбенту 30, 60 та 90 мл відповідно. Також слід відмітити варіант з 90 мл сорбенту де, вміст ДП зменшився до 26,65 % відносно початкової концентрації при забрудненні ґрунту у кількості 12000 мг/кг. При відносно більшому забрудненні ґрунту ДП (22000 мг/кг) деструктивна дія сорбенту була менш ефективна і становила 50,87; 44,52 та 36,79 % від початкової концентрації при вмісті сорбенту 30, 60 та 90 мл відповідно (табл. 2).

Таблиця 2

Динаміка вмісту нафтопродуктів у ґрунті в лабораторному експерименті, мг/кг.

№	Варіанти	Доба				Залишок, %
		1	15	30	60	
1	Контроль (6000)	5198,44	3598,92	3398,64	3098,76	51,64
2	Сорбент 30 мл	4997,00	3399,32	2499,25	1898,48	31,64
3	Сорбент 60 мл	5099,49	2997,60	1898,48	1099,89	18,33
4	Сорбент 90 мл	4898,04	2899,42	1598,88	699,79	11,66
5	Контроль (12000)	10794,60	7395,56	6997,20	6494,15	54,11
6	Сорбент 30 мл	10292,79	6896,55	5195,84	4497,30	37,47
7	Сорбент 60 мл	10995,60	7497,00	6695,98	6394,88	53,29
8	Сорбент 90 мл	10891,28	6298,11	4798,56	3198,40	26,65
9	Контроль (22000)	24992,50	12593,70	11392,02	10795,68	49,07
10	Сорбент 30 мл	20997,90	11289,83	11995,20	11193,28	50,87
11	Сорбент 60 мл	22986,20	10994,50	10292,79	9795,10	44,52
12	Сорбент 90 мл	19984,01	10393,76	9392,48	8095,14	36,79

Висновки

1. Дослідження процесів очищення ґрунту від нафтопродуктів в лабораторному експерименті показали, що при відносно невеликих їх кількостях (до 12 000 мг/кг) первинне очищення верхніх шарів 0-30 см на початковому етапі до 15 діб відбувається значною мірою за рахунок аборигенної мікрофлори та процесів випаровування летких фракцій НП і може сягати 50 % від початкової концентрації. Застосування рідкого біопрепарату (№ 2) сприяє ініціюванню процесів деструкції НП, залишкова концентрація яких на 60 добу експерименту становить 11,66-53,29 % від початкової. Кращу ефективність при всіх вивчених діапазонах забруднення проявляє найбільша (30 мл/кг) доза препарату. Застосування біопрепаратів в рідкій формі, з огляду на закономірності процесів фільтрації рідин у ґрунтах, є доцільним до при забрудненні НП поверхневих шарів (0-30 см).

2. При забрудненні НП глибших шарів ґрунту (30-60 см та більше) найбільш ефективним є застосування мікроорганізмів-деструкторів, іммобілізованих на нафтопоглинальному сорбенті, що дає змогу «адресно» розмістити препарат на потрібній глибині та більш точно розрахувати його необхідну кількість. Дослідження деструктивної дії біопрепарату № 1 у натурному експерименті показали, що він є ефективним при більш значних кількостях НП (до 94,7 г/кг), а кінцева концентрація ТО через 9 місяців після внесення сорбенту становить 4,2-16,6 % відносно початкової.

Література

1. Тюленева В.А. К вопросу исследования фильтрации нефти в почвах / В.А. Тюленева, В.А. Соляник, И.В. Васькина, В.С. Шалугин // Вісник КДПУ. Випуск 2. Частина 2. 2006. – С. 110-112.
2. Королев В.А. Очистка грунтов от загрязнений / А.В. Королев // М., 2001. – 365 с.
3. Звягинцева Д.Г. Микроорганизмы и плодородие почвы / Д.Г. Звягинцева // М.: Изд-во Московского ун-та. 1989. – С. 206.
4. Білоненко Г.М. Зміни родючості ґрунту при вуглеводневому забрудненні
5. / Г.М. Білоненко// Вісник аграрної науки. 2002. – №10. – С. 52-54.
6. Профілактична токсикологія та медична екологія: за загальною редакцією академіка НАМН України І.М. Трахтенберга. – К.: ВД «АВІЦЕНА», 2011. – 320 с.
7. Пиковский Ю.И. Проблема диагностики и нормирования загрязнения почв нефтью и нефтепродуктами / Ю.И. Пиковский, А.Н. Геннадиев, С.С. Чернянский, Г.Н. Сахаров // Почвоведение. 2003. – №9. – С.1132-1140.
8. Солнцева Н.П. Принципы и методы экспериментального моделирования миграции и закрепления нефти и нефтепродуктов в почвах. Геохимия ландшафтов и география почв / Н.П. Солнцева // Ойкумена. 2002. – С. 65-90.
9. Солнцева Н.П. Добыча нефти и геохимия природных ландшафтов / Н.П. Солнцева // М., МТУ. 1998. – 405 с.
10. Воробьев Ю.А. Предупреждение и ликвидация аварийных разливов нефти и нефтепродуктов / Ю.А. Воробьев, В.А. Єкимов, Ю.И. Соколов // М.: Иноктаво. 2005. – С. 368.
11. 10. Середина, В. П. Нефтезагрязненные почвы: свойства и рекультивация / В. П. Середина, Т. А. Андреева, Т. П. Алексеева, Т. И. Бурмистрова, Н. Н. Терещенко // Томск : Изд-во ТПУ. 2006. – С. 270.
12. Wei Q.F. Oil removal from used sorbents using a biosurfactant / Q.F. Wei, R.R. Mather, A.F. Fotheringham // Bioresourse Technol. 2005. – P. 331-334.
13. МВВ. № 081/12-0116-03. Ґрунти. Методика виконання вимірювань масової частки нафтопродуктів гравіметричним методом. Міністерство охорони навколишнього середовища України. – К., 2003.