

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ  
НАЦІОНАЛЬНИЙ АВІАЦІЙНИЙ УНІВЕРСИТЕТ  
ФАКУЛЬТЕТ ЕКОЛОГІЧНОЇ БЕЗПЕКИ,  
ІНЖЕНЕРІЇ ТА ТЕХНОЛОГІЙ  
КАФЕДРА ЕКОЛОГІЇ

ДОПУСТИТИ ДО ЗАХИСТУ  
Завідувач випускової кафедри  
\_\_\_\_\_ В.Ф. Фролов  
« \_\_\_\_\_ » \_\_\_\_\_ 2020 р.

**ДИПЛОМНА РОБОТА**  
**(ПОЯСНЮВАЛЬНА ЗАПИСКА)**

ВИПУСКНИКА ОСВІТНЬОГО СТУПЕНЯ МАГІСТРА

ЗА СПЕЦІАЛЬНІСТЮ 101 «ЕКОЛОГІЯ»,  
ОСВІТНЬО-ПРОФЕСІЙНОЮ ПРОГРАМОЮ  
«ЕКОЛОГІЯ ТА ОХОРОНА НАВКОЛИШНЬОГО СЕРЕДОВИЩА»

**Тема: «Застосування біологічних методів для відновлення якості ґрунтів, забруднених нафтопродуктами»**

Виконавець: студентка групи ЕК-201М Гончар Вікторія Романівна  
(студент, група, прізвище, ім'я, по батькові)

Керівник: канд.техн.наук, доцент Черняк Лариса Миколаївна  
(науковий ступінь, вчене звання, прізвище, ім'я, по батькові)

Консультант розділу «Охорона праці»: \_\_\_\_\_  
(підпис)

Кажан К.І.  
(П.І.Б.)

Нормоконтролер: \_\_\_\_\_  
(підпис)

Явніюк А.А.  
(П.І.Б.)

КИЇВ 2020

# НАЦІОНАЛЬНИЙ АВІАЦІЙНИЙ УНІВЕРСИТЕТ

Факультет екологічної безпеки, інженерії та технологій

Кафедра екології

Спеціальність, освітньо-професійна програма: спеціальність 101 «Екологія»,  
ОПП «Екологія та охорона навколишнього середовища»

(шифр, найменування)

ЗАТВЕРДЖУЮ

Завідувач кафедри

Фролов В.Ф.

«\_\_\_» \_\_\_\_\_ 2020 р.

## ЗАВДАННЯ

на виконання дипломної роботи

Гончар Вікторії Романівни

1. Тема роботи «Застосування біологічних методів для відновлення якості ґрунтів, забруднених нафтопродуктами» затверджена наказом ректора від «06» жовтня 2020 р. №19371/ст.
2. Термін виконання роботи: з 05.10.2020 р. по 31.12.2020 р.
3. Вихідні дані роботи: літературні джерела, матеріали отримані під час проходження переддипломної практики, аналіз літературних даних та законодавчих документів.
4. Зміст пояснювальної записки: вступ, аналіз проблеми забруднення ґрунтів нафтопродуктами, характеристика біологічних методів очищення ґрунтів від нафтопродуктів, експериментальне дослідження можливості застосування льону звичайного *Linum Usitatissimum* для фітореMediaції ґрунту, висновки.
5. Перелік обов'язкового графічного (ілюстративного) матеріалу: таблиці, рисунки, графіки.

## 6. Календарний план-графік

№ з/п	Завдання	Термін виконання	Підпис керівника
1	Огляд літературних джерел по темі	06.10.2020-09.10.2020	
2	Опрацювання закордонних та вітчизняних літературних джерел	12.10.2020-16.10.2020	
3	Проведення основного дослідження	19.10.2020-02.11.2020	
4	Опрацювання інформації (групування, зведення даних у таблицю, побудова графіків)	03.11.2020-06.11.2020	
5	Обробка та оформлення вихідних матеріалів дипломної роботи	09.11.2020-15.11.2020	
6	Формування висновків та рекомендацій	16.11.2020-18.11.2020	
7	Оформлення дипломної роботи згідно вимог діючих стандартів	19.11.2020-21.11.2020	
8	Передзахист дипломної роботи	23.11.2020	
9	Захист дипломної роботи	22.12.2020	

## 7. Консультація з окремого(мих) розділу(ів):

Розділ	Консультант (посада, П.І.Б.)	Дата, підпис	
		Завдання видав	Завдання прийняв
Охорона праці	Доцент кафедри БЖД, Кажан К.І.		

8. Дата видачі завдання: «\_\_\_\_\_» \_\_\_\_\_ 2020 р.

Керівник дипломної роботи (проекту): \_\_\_\_\_  
(підпис керівника)

Черняк Л.М.  
(П.І.Б.)

Завдання прийняв до виконання: \_\_\_\_\_  
(підпис випускника)

Гончар В.Р.  
(П.І.Б.)

## РЕФЕРАТ

Пояснювальна записка до дипломної роботи «Застосування біологічних методів для відновлення якості ґрунтів, забруднених нафтопродуктами»: 71 с., 22 рис., 10 табл. , 74 літературних джерел.

Об'єкт дослідження: забруднення ґрунтів нафтопродуктами на території авіапідприємств.

Предмет дослідження – ґрунти забруднені нафтопродуктами.

Мета роботи: проаналізувати ефективність застосування біологічних методів для відновлення якості ґрунтів, забруднених нафтопродуктами.

Методи дослідження: статистичний, монографічний, експериментальні методи.

У дипломній роботі визначено рівень забруднення ґрунту нафтопродуктами, досліджено зміни концентрації нафтопродукту від випаровуваності та підтверджено ефективність використання льону звичайного з метою фіторемедіації.

**ҐРУНТИ, НАФТОПРОДУКТИ, БІОТЕСТУВАННЯ, ВІДНОВЛЕННЯ, БІОЛОГІЧНІ МЕТОДИ, ФІТОРЕМЕДІАЦІЯ.**

## ЗМІСТ

<b>ПЕРЕЛІК УМОВНИХ ПОЗНАЧЕНЬ, СКОРОЧЕНЬ, ТЕРМІНІВ.....</b>	<b>7</b>
<b>ВСТУП.....</b>	<b>8</b>
<b>РОЗДІЛ 1. АНАЛІЗ ПРОБЛЕМИ ЗАБРУДНЕННЯ ҐРУНТІВ НАФТОПРОДУКТАМИ.....</b>	<b>11</b>
1.1. Характеристика нафти та нафтопродуктів .....	11
1.2. Джерела забруднення ґрунту нафтопродуктами.....	12
1.3. Шляхи міграції нафтопродукту в ґрунті.....	16
1.4. Градація ґрунтів за рівнем забруднення нафтою та нафтопродуктами.....	18
1.5. Наслідки впливу нафти та нафтопродуктів на ґрунтовий покрив.....	20
1.6. Висновки до розділу.....	23
<b>РОЗДІЛ 2. ХАРАКТЕРИСТИКА БІОЛОГІЧНИХ МЕТОДІВ ОЧИЩЕННЯ ҐРУНТІВ ВІД НАФТОПРОДУКТІВ.....</b>	<b>24</b>
2.1. Аналіз біологічних способів відновлення нафтозабруднених ґрунтів.....	24
2.1.1. Методи біоремедіації нафтозабруднених ґрунтів.....	25
2.1.2. Методи фіторемедіації нафтозабруднених ґрунтів.....	27
2.2. Підбір рослин, чутливих до нафтового забруднення.....	31
2.3. Перспективи використання біологічних методів очищення.....	34
2.4. Висновки до розділу.....	37
<b>РОЗДІЛ 3. ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНЕ ДОСЛІДЖЕННЯ МОЖЛИВОСТІ ЗАСТОСУВАННЯ ЛЬОНУ ЗВИЧАЙНОГО LINUM USITATISSIMUM ДЛЯ ФІТОРЕМЕДАЦІЇ ҐРУНТУ.....</b>	<b>38</b>
3.1. Підбір концентрації нафтопродуктів у ґрунті для подальшої фіторемедіації.....	38
3.2. Дослідження зміни концентрації нафтопродуктів у ґрунті від випаровуваності.....	47
3.3. Дослідження ефективності використання льону з метою фіторемедіації.....	48
3.4. Висновки до розділу.....	50
<b>РОЗДІЛ 4. ОХОРОНА ПРАЦІ.....</b>	<b>52</b>

4.1. Аналіз шкідливих та небезпечних виробничих факторів в лабораторії ПММ.....	52
4.2. Заходи безпеки при використанні ПММ.....	54
4.3. Рекомендації щодо покращення умов праці лаборанта.....	56
4.4. Пожежна безпека.....	57
<b>ВИСНОВКИ.....</b>	<b>61</b>
<b>СПИСОК БІБЛОГРАФІЧНИХ ПОСИЛАНЬ ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ.....</b>	<b>64</b>

## **ПЕРЕЛІК УМОВНИХ ПОЗНАЧЕНЬ, СКОРОЧЕНЬ, ТЕРМІНІВ**

НПС – навколишнє природне середовище;

ЗР – забруднююча речовина;

АЗС – автозаправна станція;

ОДК – орієнтовно допустима концентрація;

ПАР – поверхнево активна речовина;

ПММ – паливно-мастильні матеріали.

## ВСТУП

*Актуальність теми.* У даний час стан НПС і його окремих компонентів визначається якісним та кількісним складом поллютантів, що надходять в нього. При цьому продукти нафтопереробки є одними з найбільш отруйних і поширених речовин, що утворюються в результаті діяльності людини. Робота транспортного комплексу, численні аварійні розливи нафти і нафтопродуктів призводять до суттєвого забруднення довкілля великою кількістю сирової нафти і продуктами її переробки.

Істинні ефекти від накопичення різних компонентів нафти і нафтопродуктів в ґрунті вивчені далеко не повністю, проте відомо, що надходження в ґрунт компонентів нафти викликає зміну його фізичних, хімічних і біологічних властивостей. Усе це викликає невідворотні зміни і навіть повну втрату ґрунтової родючості. У результаті цього, посилюються небажані процеси - ерозія ґрунтів та їх деградація.

Забруднення НПС нафтою і нафтопродуктами пригнічує усі життєві процеси: починається деградація рослинного покриву, зменшується продуктивність сільськогосподарських земель, окремі види рослинності витісняють інших, відбувається вимивання нафтопродуктів з ґрунтів в поверхневі або підземні води. Тобто, екологічна рівновага ґрунтового біоценозу порушується, так як процеси, що відбуваються, є несумісними з біосферними процесами [1, 2].

У разі забруднення довкілля нафтою або нафтопродуктами, розливи мають бути якнайшвидше ліквідованими, а забруднені компоненти НПС знешкоджені і очищені. Останнім часом для очищення нафтозабруднених ґрунтів широко застосовують механічні, термічні, фізико-хімічні та біологічні методи.

### *Мета і завдання виконання дипломної роботи.*

Мета дипломної роботи – проаналізувати сучасний стан забруднення ґрунтів нафтопродуктами, охарактеризувати фіторемедіацію як біологічний метод очищення ґрунтів та розробити комплексну методіку очищення ґрунту після забруднення його



нафтопродуктом.

Завдання роботи:

1. Проаналізувати проблеми забруднення ґрунтів нафтопродуктами.
2. Дати характеристику біологічним методам очищення ґрунтів від нафтопродуктів та проаналізувати їх переваги і недоліки.
3. Визначити фітотоксичність ґрунту за допомогою рослинного біотесту льону звичайного (*Linum usitatissimum* L.).

**Об'єкт дослідження** – забруднення ґрунтів нафтопродуктами на території авіапідприємств.

**Предмет дослідження** – ґрунти забруднені нафтопродуктами.

**Методи дослідження** – статистичний, монографічний та експериментальний методи.

**Наукова новизна отриманих результатів.** Встановлено залежність ростових характеристик льону звичайного в залежності від концентрації нафтопродукту в ґрунті.

**Практичне значення отриманих результатів.** Підібраний тип рослин, що є найбільш чутливим саме до нафтового забруднення.

**Особистий внесок випускника:** проаналізовано наукову літературу, за допомогою біотестування експериментально досліджено вплив хімічного забруднення на ґрунти.

**Апробація отриманих результатів.** Результати дипломної роботи доповідалися на:

1. X Всеукраїнській науково-практичній Інтернет-конференції «Техногенно-екологічна безпека України: стан та перспективи розвитку» (Ірпінь, Україна, 2020 р.).
2. 6-му Міжнародному конгресі «Сталий розвиток: захист навколишнього середовища. Енергоощадність. Збалансоване природокористування» (Львів, Україна, 2020 р.).

**Публікації:**

1. Гончар В.Р. Використання рослинних тест-систем для оцінки токсичності ґрунтів: зб. тез доп. X Всеукраїнської науково-практичної Інтернет-конференції,

Ірпінь, 20-29 жовтня 2020 р. –Університет державної фіскальної служби України. – Ірпінь, 2020. – 239 с.

2. Гончар В.Р. Оцінка стану ґрунтового покриву, як індикатора екологічної небезпеки. 6-й Міжнародний конгрес «Сталий розвиток: захист навколишнього середовища. Енергоощадність. Збалансоване природокористування»: збірник матеріалів. – Львів : Західно-Український Консалтинг Центр (ЗУКЦ), ТзОВ, 2020. – 48 с.

## РОЗДІЛ 1

### АНАЛІЗ ПРОБЛЕМИ ЗАБРУДНЕННЯ ҐРУНТІВ НАФТОПРОДУКТАМИ

#### 1.1. Характеристика нафти та нафтопродуктів

Станом на 2014 рік підтверджені запаси нафти у світі склали 227,2 млрд. т [3]. У світовій нафтовій економіці за одиницю міри обсягу нафти прийнятий 1 барель (159 л). Виділяють три гіпотези походження нафти: органічного, неорганічного та комплексного походження. Найбільш розповсюдженою є гіпотеза органічного (біогенного) походження, згідно якої нафта утворилася із залишків рослин та тварин, які накопичились в осадових породах морів та океанів. Опинившись в надрах землі, вони протягом мільйонів років зазнавали складних хімічних змін при високій температурі та тиску за участю різних природних каталізаторів [4].

Нафта являє собою в'язку, маслянисту рідину з характерним запахом, темно-бурого або чорного кольору, що відноситься до викопного палива. У нафті виявлено більш ніж 450 індивідуальних сполучень. Основними складовими нафти є (рис. 1.1) вуглець (83-87 %) і водень (12-14 %), також присутні в малих концентраціях азот, кисень, сірка та інші [5]. Густина нафти дорівнює 760-990 кг/м<sup>3</sup> [6].

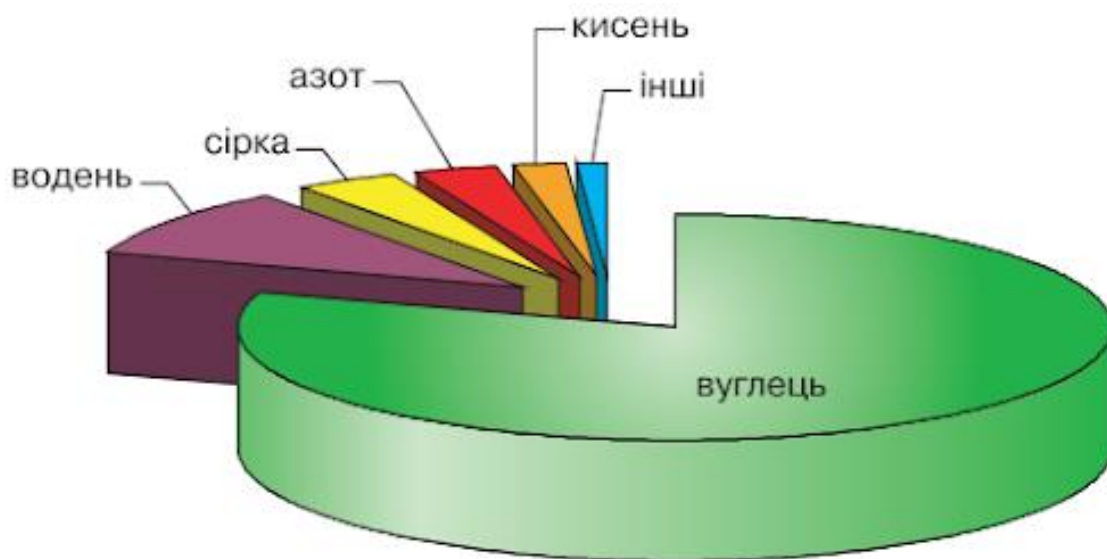


Рис. 1.1. Хімічний склад нафти

До основних фізичних властивостей нафти відносять її густину та розчинність. Густина сирої нафти залежить від її складу та впливу на неї повітря та сонячного світла. Знаходячись на відкритих поверхнях, при звичайній температурі навколишнього середовища під дією повітря нафта може втратити близько 35 % своєї ваги всього за декілька днів. Щодо розчинності вуглеводнів нафти у воді, то вона коливається в межах 10-20 мг/дм<sup>3</sup> і знижується у такій послідовності: ароматичні – нафтеніві – метанові [7].

На сьогоднішній день із нафти отримують велику кількість продуктів, віднесених до таких груп: палива (бензини, керосини, реактивні, дизельні, котельні палива), нафтові масла, парафіни, вазеліни, нафтові бітуми, освітлюючі керосини, розчинники та інші нафтопродукти (кокс, сажа, мазут і т.д.) [8].

## **1.2. Джерела забруднення ґрунту нафтопродуктами**

Нафтопродукти – це одні з найбільш поширених і небезпечних техногенних забрудників, що пов'язано зі здатністю вуглеводнів утворювати токсичні сполуки у ґрунтах, поверхневих та підземних водах [10].

Основними джерелами забруднення НПС нафтою та нафтопродуктами є об'єкти нафтовидобування та нафтопереробки, нафтові трубопроводи, нафтобази, АЗС, всі види транспорту, що використовують нафту та нафтопродукти. Причинами забруднення довкілля є різного типу аварії при транспортуванні, видобутку, зберіганні та переробці нафти та нафтопродуктів, неналежне поводження з відходами у складі яких є нафта, викиди та стічні води підприємств нафтопереробної та нафтохімічної промисловості, викиди двигунів автотранспорту (таблиця 1.1) [9].

Забруднення земель (ґрунтів) нафтопродуктами через діяльність автотранспорту має суттєву відмінність від розливів нафти під час видобування та транспортування, оскільки нафтопродукти проникають у нижні шари ґрунту поступово, у міру зростання концентрації речовин на поверхні [10].

## Джерела забруднення довкілля нафтою та нафтопродуктами

Галузь	Джерела забруднення	Основні причини забруднення
Нафтопромисли	Свердловини	Порушення герметичності каркасу, аварійні викиди
	Трубопроводи	Механічне пошкодження та корозія труб
	Нафтосховища	Порушення герметичності ємкостей, випаровування нафтопродукту в атмосферу
	Пункти первинної підготовки нафти	Те, що і на трубопроводах та нафтосховищах; скидання стічних вод
Транспорт	Нафтопроводи, авіа-, авто-, залізничний та морський транспорт	Аварії, наливально-зливальні операції, корозія, порушення герметичності ємкості
Нафтопереробка, нафтосховища	Очисні споруди, каналізація	Аварії, випаровування вуглеводнів в атмосферу, розгерметизація трубопроводів
	Резервуари для зберігання	Порушення герметичності, викиди в атмосферу
	Технологічні установки	Викиди через запобіжні клапани

Найактивніше забруднення нафтою та нафтопродуктами відбувається на нафтопромислах; при аваріях на свердловинах та нафтопроводах; в місцях переробки і реалізації нафтопродуктів. Великої шкоди завдається під час транспортування, зберігання та реалізації нафтопродукту на АЗС [9].

Далі, в ході написання дипломної роботи, зробимо акцент на забрудненні ґрунтів в зоні аеропортів, а саме службою ПММ аеропорту.

Аеропорт – це багатофункціональний комплекс споруд, що призначений для відправлення, прибуття та обслуговування повітряних суден. Аеропорт складається не тільки з пасажирського терміналу та злітно-посадкової смуги, а й з таких важливих об'єктів як наземні служби, що керують рухом літаків, вантажний комплекс, що займається вантажоперевезеннями, включаючи склади, автомобілі та інші засоби. Усі вони забезпечують безперебійну роботу аеропорту при будь яких умовах [11].

Аеропорт складається із будівель та споруд основного та допоміжного призначення (рис. 1.2).

<b>А Е Р О П О Р Т</b>	→ аеродром
	→ об'єкти управління повітряним рухом, радіонавігації та посадки
	→ споруди обслуговування перевезень
	→ будівлі та споруди авіаційно-технічної бази
	→ об'єкти паливно-мастильного забезпечення
	→ транспортні шляхи
	→ злітно-посадкова смуга

Рис. 1.2. Складові частини аеропорту

У результаті проведення авіаційних транспортних процесів найінтенсивніше забруднення НПС відбувається в зоні аеропорту (рис. 1.3). При цьому швидкість переміщення нафтопродуктів на території аеропорту та за його межами здебільшого залежить від метеорологічних умов. Більшою мірою на характер забруднення впливає напрямок та швидкість вітру, меншою – температура, вологість повітря та сонячна радіація [12].



Рис. 1.3. Основні джерела нафтового забруднення ґрунтів на території аеропорту

Внаслідок осідання твердих та пароподібних частинок з атмосферного повітря, скидів технологічних стічних вод, використання спеціальних рідин для миття літаків і обробки злітно-посадкової смуги, а також за іншими причинами деяка частка ЗР потрапляє в ґрунт, осідає у ньому або шириться на великі відстані разом з поверхневими та ґрунтовими водами [12].



Рис. 1.4. Нафтове забруднення ґрунту

Здебільшого, нафтове забруднення ґрунту на територіях, прилеглих до аеропорту, відбувається внаслідок аварійних і технологічних розливів на поверхню землі (рис. 1.4), а також потрапляння в ґрунт неочищених або недоочищених нафтовмісних стічних вод.

### **1.3. Шляхи міграції нафтопродукту в ґрунті**

Якщо небезпека потрапляння нафтопродуктів у водні об'єкти пов'язана з їх розтіканням і утворенням на поверхні води плівки, то небезпека забруднення земель полягає у міграції забруднювачів ґрунтовим горизонтом, що призводить до появи вторинного забруднення ґрунтових і поверхневих вод.



Природне перетворення нафтових вуглеводнів у ґрунті – досить складний і тривалий процес. Вони можуть перетворюватись на токсичні сполуки, що мають здатність нагромаджуватись. Оскільки нафтозабруднення має токсичну та канцерогенну властивості, воно є екологічно небезпечним для живих організмів. Тому зниження рівня ризиків надзвичайних ситуацій, пов'язаних із виливами нафти і нафтопродуктів на поверхню ґрунту, полягає у комплексі заходів ефективної системи реагування та методів ліквідації наслідків [13]. З огляду на вищесказане, вивчення міграційних процесів нафтопродуктів у ґрунтах є дуже важливим.

До забруднених нафтопродуктами ґрунтів належать ті, у яких концентрація ЗР:

- впливає на екологічну рівновагу ґрунтової системи;
- призводить до змін морфологічних, фізико-хімічних і хімічних характеристик ґрунтового профілю та його водно-фізичних властивостей;
- порушує співвідношення між фракціями органічної речовини ґрунту.

Рівень допустимої концентрації нафтопродукту в ґрунтах, при якому не помічаються перелічені явища, не скрізь однаковий. Він буде відрізнятися в залежності від ґрунтово-кліматичної зони, типу ґрунту, складу та властивостей нафти і нафтопродуктів. У середньому нижня величина концентрацій поллютантів у забрудненому ґрунті становить від 0,1 до 1,0 г/кг [14].

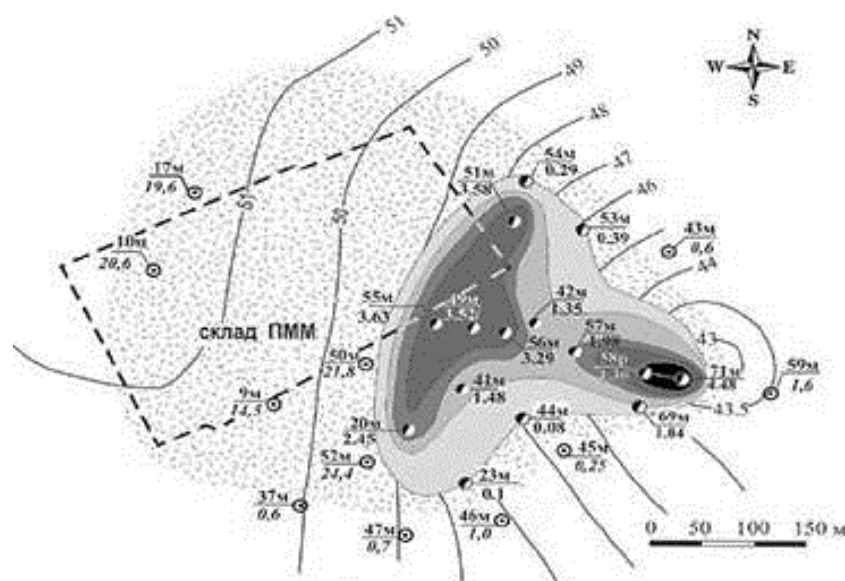


Рис. 1.5. Зони підземної міграції витікання нафтопродукту із резервуарних ємностей складу ПММ

Найчастіше, забруднення ґрунтів нафтопродуктами відбувається у верхніх горизонтах (рис. 1.5). Ученими встановлено, що нафта, яка при розливі потрапила в ґрунт рухається вертикально вниз під впливом сили тяжіння [15].

Вертикальна міграція нафтових вуглеводнів залежить від таких основних чинників:

- властивості забруднювача (щільність та в'язкість);
- умови середовища (зокрема температура);
- властивості ґрунту (щільність, вологість та гранулометричний склад).

Міграція нафтопродукту в сухому ґрунті практично не залежить від його щільності (в межах від 1,0 до 1,4 г/см<sup>3</sup>), але припиняється в ущільненому вологому ґрунті. Також ґрунтам характерна певна нафтоємність, через що небезпека вертикальної міграції вуглеводнів є реальною, починаючи з навантаження приблизно 10 л/м<sup>2</sup> [16].

Встановлено [17], що в умовах лабораторного аналізу основними процесами, що визначають міграцію вуглеводнів, є сорбція та водопроникність ґрунту.

Доведено [18], що швидкість фільтрації нафтопродуктів у ґрунтах сильно залежить від зволоженості, тому в сухих ґрунтах фільтрація відбувається значно повільніше, ніж у зволжених.

Починаючи із дози забруднення 50 л/м<sup>2</sup>, сліди нафти уже виявляються на глибині 100 см і більше, за дози 10-20 л/м<sup>2</sup> – глибина проникнення нафти у ґрунт становить 10-30 см. Якщо доза складає 1,5 л/м<sup>2</sup> і менше, ЗР зазвичай перехоплюють торф'янистий горизонт та лісова підстилка [14].

#### **1.4. Градація ґрунтів за рівнем забруднення нафтою та нафтопродуктами**

Ґрунти прийнято вважати забрудненими, коли концентрація нафти чи нафтопродуктів у них досягає такого значення, при якому починаються негативні зміни екологічного стану НПС, включаючи атмо- та гідросферу. Забруднення небезпечне тоді, коли воно перевищує межу потенціалу самоочищення. Встановлено,

що при вмісті нафтопродуктів у ґрунті до 100 мг/кг у ньому ще немає ознак екологічної шкоди; від 400 мг/кг – помічається фітотоксична дія нафтового забруднення; від 2000 мг/кг – пригнічується мікробіоценоз; 20000 мг/кг і більше – починається повна деградація ґрунту [19].

За іншою класифікацією (таблиця 1.2), що базується на дослідженнях союзу мікроорганізмів нафтозабруднених ґрунтів, виділяють три рівні забруднення [20, 21].

Таблиця 1.2

Градація ґрунтів за рівнем забруднення нафтопродуктами

Рівень забруднення	Вміст нафтопродукту	Характеристика змін
Низький (зона гомеостазу)	до 0,7 мг/кг (від 0,06 до 4,3%)	Незначні кількісні зміни мікробіологічних показників, які мало відрізняються від контрольних
Високий (зона резистентності)	від 50 до 300 мг/кг (від 4,3 до 25,5 %)	Зміна домінантних форм
Дуже високий (зона репресії)	більше 300 мг/кг (більше 25,5 %)	Майже повне пригнічення розвитку мікроорганізмів у ґрунті

Враховуючи фізико-географічні умови та характер землекористування у нашій країні, Соловйов В. І. [22] пропонує виділити таку градацію забруднення ґрунтів нафтопродуктами (з урахуванням кларку):

- незабруднені – до 1,5 г/кг;
- слабо забруднені – від 1,5 до 5,0 г/кг;
- середньо забруднені – від 5,0 до 13,0 г/кг;
- сильно забруднені – від 13,0 до 25,0 г/кг;
- дуже сильно забруднені – більше 25,0 г/кг.

Визначено, що слабке забруднення може ліквідуватись у процесі самоочищення ґрунту протягом декількох років, а середнє – протягом 4–5 років [23].

Згідно з ДСТУ 41-00032626-00-023-2000 – "Охорона довкілля. Рекультивація земель під час спорудження нафтових і газових свердловин" та СОУ 73.1-41-10.01:2004 "Охорона довкілля. Оцінка забруднення ґрунтів та визначення втрат сільськогосподарського виробництва внаслідок погіршення якості земельних ділянок під час спорудження нафтових і газових свердловин", ОДК нафтопродуктів у ґрунті становить 4 г/кг [22, 23].

### **1.5. Наслідки впливу нафти та нафтопродуктів на ґрунтовий покрив**

Головні екологічні проблеми виникають при надходженні нафти на земний прошарок, які пов'язані з ґрунтовими водами, а саме після просочування нафтопродуктами шарів ґрунту вони потрапляють до ґрунтових вод, де утворюють плаваючі на воді лінзи.

До еколого-геохімічних характеристик основного складу нафти відносять:

- зміст легкої фракції (початок кипіння 2000 С°);
- метанові вуглеводні (включаючи тверді парафіни);
- циклічні вуглеводні;
- смоли;
- асфальтени;
- сірчисті з'єднання.

Твердий парафін дуже важко руйнується і окислюється на повітрі. Він надовго може закрити усі пори ґрунтового покриву, цим самим позбавивши ґрунт можливості вільного вологообміну та дихання. Це насамперед призводить до повної деградації біоценозу.

Ароматичні вуглеводні є найбільш токсичними компонентами нафти. При концентрації усього в 1% у воді вони вбивають у ній всі рослини.

Небезпечний екологічний вплив смолянисто-асфальтенових компонентів на ґрунтові екосистеми заключається не у хімічній токсичності, а у значній зміні водно-фізичних властивостей ґрунтів. Оскільки нафта просочується згори, то її смолянисто-асфальтенові компоненти сорбуються, як правило, у верхньому гумусовому горизонті, інколи міцно цементуючи його. Внаслідок цього зменшується поровий простір ґрунтів.

Смолянисто-асфальтенові компоненти є гідрофобними. Огортаючи коріння рослин, вони вмиють погіршують доступ вологи до них, через що рослини гинуть [45].

Для розуміння механізму самоочищення і відновлення ґрунтів, порушених техногенезом потрібно досліджувати трансформацію нафти, яка потрапила в ґрунт у результаті розливів чи витоків у місцях зберігання або транспортування.

Знання цих стадій трансформації нафти дає змогу визначити давність забруднення, а отже терміни відновлення ґрунтів. Також це дозволить підвищити ефективність контролю забруднення середовища нафтою та нафтопродуктами.

Нафтове забруднення утворює нову екологічну обстановку, яка призводить до кардинальної зміни усіх ланок природних біоценозів або навіть їх повної трансформації (рис. 1.6). Загальною особливістю всіх нафтозабруднених ґрунтів є зміна чисельності та обмеження видової різноманітності педобіонтів (ґрунтової мезо- і мікрофауни та мікрофлори). Типи зворотних реакцій різних груп педобіонтів на забруднення наведені нижче:

- відбувається масова гибель ґрунтової мезофауни (уже через три дні після аварійного виливу більшість видів ґрунтових тварин складають менше ніж 1% контролю або повністю зникають);

- сукупність ґрунтових мікроорганізмів після короточасного інгібування відповідає на нафтозабруднення підвищенням загальної чисельності та посиленням активності; починають розвиватись так звані "спеціалізовані" групи, які на різних етапах беруть участь в утилізації вуглеводнів;

- максимальна кількість мікроорганізмів відповідає горизонталі ферментації та знижується у них по профілю ґрунту в міру зменшення концентрацій вуглеводнів;

- під час процесу розкладання нафти в ґрунті загальна кількість мікроорганізмів приближається до фонових значень, а кількість нафтоокислюючих бактерій – довгий період часу перевищує такі самі групи у незабруднених ґрунтах;

- зміна екологічної ситуації призводить до зменшення фотосинтезуючої активності рослинних організмів;

- піддаються змінам фотосинтезуючі функції вищих рослин, а саме злаків;

- швидко реагує на нафтове забруднення й дихання ґрунтів; з самого початку, коли мікрофлора пригнічена великою кількістю вуглеводнів, інтенсивність дихання знижується, та зі збільшенням чисельності мікроорганізмів – зростає [46, 47].



Рис. 1.6. Наслідки впливу нафтопродуктів на ґрунт

Отже, процеси природного відновлення біогеоценозів на забруднених територіях відбуваються досить повільно, причому темпи зародження різних ярусів екосистем різні. Крім того, сапрофітний комплекс тварин формується набагато повільніше, ніж мікрофлора і рослинний покрив.

## 1.6. Висновки до розділу

Отже, нафтопродукти – це одні з найбільш поширених і небезпечних техногенних забруднювачів навколишнього середовища, що пов'язано зі здатністю вуглеводнів утворювати токсичні сполуки у ґрунтах, поверхневих та підземних водах.

У результаті аналізу літературних джерел встановлено, що основними джерелами забруднення НПС нафтою та нафтопродуктами є об'єкти нафтовидобування та нафтопереробки, нафтові трубопроводи, нафтобази, АЗС, всі види транспорту, що використовують нафту та нафтопродукти. Зокрема, аеропорти, на території яких відбувається заправлення транспортних засобів різними марками нафтопродуктів. Причинами забруднення довкілля є різного типу аварії при транспортуванні, видобутку, зберіганні та використанні нафтопродуктів, неналежне поводження з відходами у складі яких є нафтові вуглеводні, викиди та стічні води, викиди двигунів автотранспорту, транспортні підприємства та інші.

Встановлено, що забруднення земель (ґрунтів) нафтопродуктами через діяльність транспорту має суттєву відмінність від розливів нафти під час видобування та транспортування, оскільки нафтопродукти проникають у нижні шари ґрунту поступово, у міру зростання концентрації речовин на поверхні. А процеси природного відновлення біогеоценозів на забруднених територіях відбуваються досить повільно, причому темпи зародження різних ярусів екосистем різні. Крім того, сапрофітний комплекс тварин формується набагато повільніше, ніж мікрофлора і рослинний покрив.

Тому, актуальним є завдання пошуку високоефективних сучасних способів відновлення якісних характеристик ґрунтів, забруднених нафтопродуктами. Зокрема, із використанням біологічних методів.

## РОЗДІЛ 2

# ХАРАКТЕРИСТИКА БІОЛОГІЧНИХ МЕТОДІВ ОЧИЩЕННЯ ҐРУНТІВ ВІД НАФТОПРОДУКТІВ

### 2.1. Аналіз біологічних способів відновлення нафтозабруднених ґрунтів

Ліквідацію нафтових забруднень ґрунту можуть здійснювати різними методами:

- механічними (виїмка ґрунтів, збір нафтопродуктів);
- фізико-хімічними (спалювання, екстракція паром, відновлення територій за допомогою ініційованого гумінового сорбенту, промивання забрудненого нафтою ґрунту, сорбція, використання активованого торфу, очищення твердих поверхонь гідрофобним органомінеральним нафтовим сорбентом та ін.);
- біологічними (біоремедіація, фіторемедіація) (рис. 2.1).

Механічні	Фізико-хімічні	Термічні	Біологічні
<ul style="list-style-type: none"><li>• виїмка ґрунтів</li><li>• збір нафтопродуктів</li></ul>	<ul style="list-style-type: none"><li>• екстракція паром</li><li>• промивання забрудненого нафтою ґрунту</li><li>• сорбція</li><li>• відновлення територій за допомогою ініційованого гумінового сорбенту</li><li>• використання активованого торфу</li><li>• та інші</li></ul>	<ul style="list-style-type: none"><li>• випалювання шару нафти (застосовується при достатній товщині шару і безпосередньо після забруднення, до утворення емульсій з водою)</li></ul>	<ul style="list-style-type: none"><li>• біоремедіація</li><li>• фіторемедіація</li></ul>

Рис. 2.1. Методи відновлення якості ґрунтів, забруднених нафтопродуктами



Аналіз літературних джерел дає підстави стверджувати, що відомі механічні, фізичні та хімічні методи доволі трудомісткі, довготривалі, потребують досить великих витрат, не забезпечують всієї повноти очищення та часто приводять до вторинного забруднення НПС іншими хімічними речовинами. Крім того, вони мають ефективність тільки при використанні на малих локальних територіях та при рівнях забруднення, як правило, більше 1 % нафти у ґрунті [33, 34]. Вище перелічені способи дають лише одноразовий ефект, у той час як біологічні характеризуються тривалішим впливом та стабільним покращенням екологічної ситуації.

### 2.1.1. Методи біоремедіації нафтозабруднених ґрунтів

Біоремедіація є одним із сучасних методів біологічного очищення нафтозабруднених ґрунтів. Вона заснована на використанні мікроорганізмів-деструкторів нафти та нафтопродуктів, їх штамів та асоціацій.

Виділяють два основних підходи до здійснення біоремедіації:

- біостимуляція;
- біоаугментація [35, 36].

Біостимуляція, яка заснована на відродженні існуючої мікрофлори у середовищі, використовується всюди, де природний мікробіоценоз зберіг життєздатність та характеризується достатнім видовим різноманіттям. Активізацію мікрофлори можуть здійснювати шляхом утворення кращого середовища для розвитку певних груп мікроорганізмів-деструкторів. У цьому випадку, під час лабораторних досліджень із використанням зразків ґрунту, забруднених нафтою та нафтопродуктами, встановлюють які саме добрива та у яких кількостях слід внести, щоб прискорити ріст мікроорганізмів, що здатні утилізувати забруднювач [37, 38]. Відомо, що ґрунт, забруднений нафтопродуктами, характеризується дефіцитом фосфору, азоту, мікроелементів, та містить мало води й кисню [39]. У мікроорганізмів, що відчувають нестачу певних елементів, спостерігається різке зниження вуглеводоокислюючої активності, яке призводить до зупинки процесу біоремедіації. Покращення повітряного, водного та поживного режиму ґрунтів можна досягти

розпушуванням, оранкою, внесенням поживних речовин, сорбентів. Відомо, що механічна обробка ґрунту прискорює мікробіологічну і ферментативну активність, впливає на перерозподіл азоту, вуглецю та води, і як результат понижується концентрація вуглеводнів у ґрунті через випаровування летких фракцій [40]. У якості поживних речовин рекомендують дуже велику кількість субстратів: мінеральні та органічні добрива [41, 42], соломку та тирсу, відходи дріжджових виробництв, сидерати, біогумус, білково-вітамінний концентрат, гній [43], пташиний послід із додаванням торфу [44] та ін., внесення яких призводить до швидкого зниження загальної кількості вуглеводнів внаслідок прискорення зростання мікробної популяції.

За даними R. Voорathy [35], температура та вологість ґрунту є визначальними при проведенні біоремедіації. Покращення водного режиму ґрунтів можна забезпечити відкачуванням ґрунтових вод для спаду затоплення ґрунту чи, навпаки, застосуванням зрошувальних систем для уникнення висихання, а також використанням поліетилену для збереження потрібного рівня вологості [48]. На територіях із холодними кліматичними умовами рекомендується покриття забруднених територій темною поліетиленовою плівкою або використання обладнання для закачування пари [48].

Багато публікацій вказують на перспективність біоаугментації [49], що полягає у додаванні в забруднений ґрунт досить великої кількості спеціальних мікроорганізмів, які наперед виділяють із різних забруднювачів або генетично модифіковані [50]. Обирають саме той мікроорганізм, який найефективніше утилізує даний забруднювач. При відборі мікроорганізмів-деструкторів для наповнення у середовище враховують загальну здатність мікроорганізмів зростати на вуглеводневому субстраті та їх стійкість до токсичної дії вуглеводнів [51].

Один мікроорганізм не спроможний володіти усім спектром ферментів, які необхідні для біодеградації нафти, яка є багатоконпонентною сумішшю. Тому, зазвичай, пропонується використання декількох штамів, які відрізняються за спектром поживних субстратів та можуть призводити до повного руйнування нафти [52]. В умовах природного мікробіоценозу можна спостерігати одночасну асиміляцію

різних фракцій нафти різними групами мікроорганізмів [53]. У ґрунтах досить поширені вуглеводоокислюючі бактерії, які відносяться до таких родів:

- Pseudomonas;
- Rhodococcus;
- Mycobacterium;
- Arthrobacter;
- Achromobacter;
- Acinetobacter;
- Alcaligenes Bacillus;
- Brevibacterium;
- Citrobacter;
- Clostridium;
- Desulfovibrio;
- Enterobacteriaceae;
- Sarcina;
- Serratia;
- Spirillum;
- Streptomyces;
- Thiobacillus [41, 54].

При спільному використанні декількох штамів-деструкторів у об'єднані їх нафтоутилізуюча дія підсилюється [55]. Так, добре підібрана культура чи суміш штамів мікроорганізмів при таких сприятливих умовах середовища, як оптимальна температура, солоність, кислотно-лужний баланс, достатня аерація, забезпеченість елементами мінерального живлення – спроможні утилізувати нафтові вуглеводні.

### 2.1.2. Методи фіторемедіації нафтозабруднених ґрунтів

Найбільш перспективним методом для очищення забруднення в промислово розвинених країнах є фіторемедіація – використання рослин для очищення ґрунтів і

ґрунтових вод від забруднювачів: важких металів, радіонуклідів, вуглеводнів й інших шкідливих сполук. Перевагами фіторемедіації, у порівнянні з традиційними технологіями, є:

- відсутність чи невелика кількість виникаючих вторинних відходів;
- мінімальні порушення природних екосистем;
- можливість застосування як на малих, так і на великих територіях;
- естетичність;
- відносна простота реалізації;
- економічність [56].

Окрім цього, вирощування рослин призводить до покращення властивостей ґрунту та запобігає ерозії. Вагомим аргументом на користь цієї технології є її економічна ефективність (рис. 2.2). Причина порівняно низької вартості в тому, що рослини являються природними установками по очищенню ґрунту, які працюють на сонячній енергії. За дослідженнями американських фахівців, фіторемедіація однієї тонни забрудненого ґрунту коштуватиме 10-35 доларів [57].

## Переваги



- природність
- екологічність
- простота
- економічність
- триваліший вплив
- стабільне покращення екологічної ситуації

## Недоліки



- гідрофобність та висока токсичність нафти
- значне порушення водоповітряного балансу
- порушення співвідношення основних мікроелементів ґрунту – Вуглецю та Азоту, що робить неможливим зростання більшості рослин

Рис. 2.2. Переваги та недоліки фіторемедіації

З самого початку, фіторе mediaція, як спосіб очищення, була розроблена для ліквідації забруднення важкими металами. Було виявлено, що деякі види рослин можуть не тільки витримати наявність, але й поглинати та нагромаджувати велику кількість іонів свинцю, цинку, ртуті чи інших токсичних металів [58]. Другим напрямком, перспективність якого уже доведена, та який має досить великий потенціал розвитку, є очищення вуглеводневих забруднень (нафта та нафтопродукти) за допомогою рослин [59].

На сьогоднішній день, фіторе mediaційні технології можуть ґрунтуватися на різних методологічних підходах.

Вважають, що ефективним є очищення, коли рослина об'єднує здатність до фітовипару та фітодеградації. Тоді у повітря виводяться тільки безпечні продукти розкладу нафтопродуктів. Особливе місце посідає здатність рослин до ризодеградації, коли забруднюючі вуглеводні розкладає не власне сама рослина, а мікроорганізми, які живуть поблизу кореня, тобто у ризосфері [60]. Коріння слугують мікроорганізмам поверхнею прикріплення та підвищують концентрацію органічних речовин у ризосфері. Саме тому, завдяки кореневим виділенням рослин, у ґрунт потрапляє складна суміш органічних цукрів, вітамінів, пуринів, амінокислот, нуклеозидів, ферментів та ін. [61].

На сьогоднішній день, проблеми фіторе mediaції нафтозабруднених територій підлягають обговоренню чималої кількості дослідників. Багато із них пропонують використовувати трав'янисті рослини із роду злакових [62]. Повідомляється, що основною перевагою трав є їх значна волокниста коренева система, що має досить велику площу поверхні кореня, у порівнянні з іншими видами, а також може проникнути у ґрунт на глибину до 3 м [62]. Позитивна дія багаторічних трав пояснюється тим, що своєю значно розвиненою кореневою системою вони сприяють покращенню газоповітряного режиму забрудненого ґрунту, насичують його біологічно активними сполуками, що виділяються кореневою системою у процесі їх життєдіяльності. Усе це стимулює ріст мікроорганізмів та, відповідно, підсилює розкладання нафти та нафтопродуктів.

Види з довгим корінням характеризуються високою стійкістю до несприятливих умов нафтозабруднених екотопів [53].

Багато досліджень [63] вказують на стійкість бобових до нафтового забруднення, через здатність фіксувати атмосферний азот, а отже забезпечувати себе джерелом мінерального живлення в нафтозабрудненому ґрунті [64]. Серед інших чинників стійкості виділяють властивості симбіотичних мікроорганізмів бобових поряд із азотфіксуючою здатністю розкласти вуглеводні нафтопродуктів.

Позитивні результати з використанням бобових і злаків підтверджено багатьма іноземними дослідниками [62, 65]. Показано, що у корневих виділеннях злаків домінують органічні кислоти, а кореневі виділення бобових багатші амінокислотами й іншими органічними сполуками.

Досить часто деякі дослідники пропонують підсилювати й пришвидшувати ефект фітореMediaції внесенням в нафтозабруднений ґрунт мінеральних добрив [66] або інокуляцією рослин бактеріями [67], чи пропонують посадку дорослих рослин, що, володіють кращою стійкістю до нафти ніж проростки [68].

Вважають, що рослини для проведення фітореMediaції повинні бути придатними для кліматичних та ґрунтових умов забруднених ділянок [69] і переносити умови стресу [70]. Взагалі, фітореMediaція повинна здійснюватися завдяки місцевим рослинам, особливо тим, що ростуть на забруднених ділянках, а не іноземних чи генетично модифікованих видах.

Способи фітореMediaції із використанням вищеназваних рослин є зручними, якщо говорять про очищення рівнинних, невеликих територій, або ж малозабруднених і добре зволжених ґрунтів. Проте, вони непридатні для очищення деградованих земель нафтовидобутку, які містять породу різного гранулометричного складу та є насипними, відвальними, горбистого рельєфу.

Найпоширенішим способом фітореMediaції кар'єрів є лісопосадки. Деревні види, завдяки своїй потужній та розгалуженій кореневій системі, можуть витягнути елементи мінерального живлення, які знаходяться в розсіяному стані у глибині літосфери, акумулюючи їх на поверхні.

Лісові насадження, що вирощені на техногенно порушених землях, виконують протиерозійну, поєзахисну, водоохоронну, рекреаційну, санітарно-гігієнічну та ґрунтопокращуючу функції. У роботі И. В. Трещевского [71] оцінено ґрунтопокращуючу роль деревних порід та чагарників як:

- високу (швидкозростаючі види: акація та обліпіха);
- середню (види, які добре розмножуються насіннєвим способом: клен);
- низьку (види, які мають нерозгалужену кореневу систему та повільно ростуть: береза та верба).

Тому, перевагу потрібно віддавати швидкозростаючим видам, які розмножуються кореневими нащадками, і таким, які разом з симбіотичними мікроорганізмами, можуть перетворити токсичну частину забруднень, переводячи їх в менш рухому і активну форму.

Відомі способи використання деревних і чагарникових насаджень, розроблені для техногенних ландшафтів і шахтних відвалів.

Деревні та чагарникові види рослин теж можна використовувати й при нафтовому забрудненні. Відомо, що стійкість рослин до забруднення нафтопродуктами сильно залежить від стадії їх розвитку і біомаси. Найстійкішими до токсичного впливу нафтопродуктів є багаторічні дорослі рослини, тому як у них відбувається відростання нових органів із сплячих бруньок після гибелі частини рослин унаслідок забруднення.

Проте, дослідження із використання дерев і чагарників для фіторемедіації нафтозабруднених ґрунтів, практично не проводили. Зустрічаються тільки поодинокі повідомлення про ріст тополі і верби в умовах нафтового забруднення [72].

## **2.2. Підбір рослин, чутливих до нафтового забруднення**

Проблема забруднення нафтопродуктами вимагає розробки ефективних методів екологічної оцінки стану ґрунтової системи. Перспективними в цьому плані є біотестування і біоіндикація із використанням рослинних тест-об'єктів, як найбільш зручних, інформативних та дешевих. Проте, опубліковані методики оцінки

токсичності ґрунтів при участі рослин стосуються, здебільшого, забруднення важкими металами [50, 58]. Питання екологічної оцінки ґрунтів, що забруднені нафтою, до сих пір залишається не вирішеним. Малу кількість публікацій [73] по цьому питанню важко співставити, через різну техніку виконання досліджень і відмінні параметри, які використовуються для екологічної оцінки. До цих пір не встановлено, на якій стадії проростання рослин слід вимірювати ростові параметри та яка чутливість тест-об'єктів при різних рівнях забруднення, і як провести цифрову оцінку токсичності.

Важливим етапом при розробці методу біотестування і біоіндикації є пошук рослинних об'єктів, які чутливі до нафтового забруднення. Тому на першому етапі ми проводили підбір рослин, що мають достовірний відгук на зміну концентрації нафти в ґрунті. А саме був опробований льон звичайний (*Linum usitatissimum* L.), насіння якого (рис. 2.3) пророщували в лотках на нафтозабрудненому ґрунті при різних концентраціях.



Рис. 2.3. Рослинний біотест Льон звичайний *Linum usitatissimum* L.



Чутливість біотесту до забруднення виявляється значним відхиленням від фізіологічної норми [74]. Для досліджуваних рослин визначили схожість насіння, довжину кореня, висоту пагона, їх відносні величини. Показано різну чутливість досліджуваних рослин до нафтового стресу. Зокрема, відносна схожість насіння для різних тест-об'єктів зображена на рисунку 2.4.

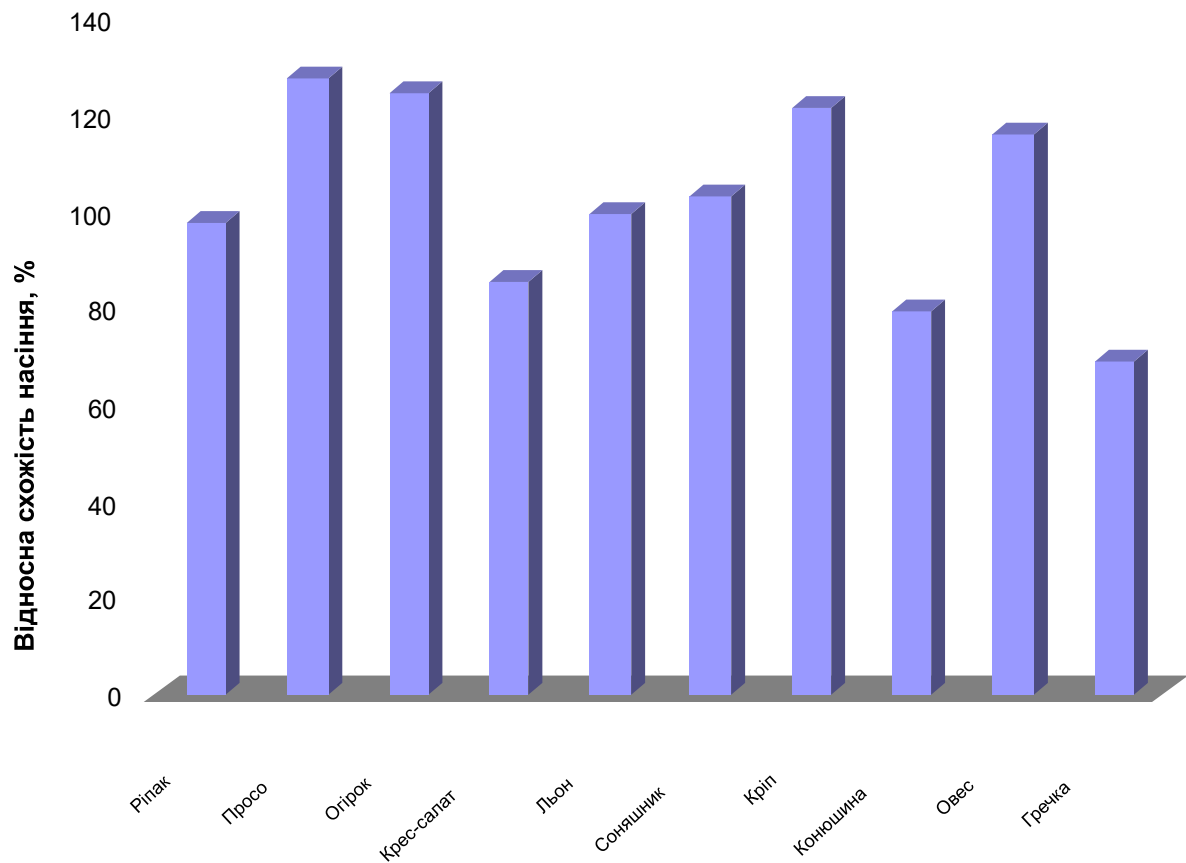


Рис. 2.4. Чутливість схожості насіння різних видів рослин до забруднення ґрунту нафтою (5 % нафти у ґрунті)

Результати показали чутливість льону звичайного до нафтового забруднення ґрунту: відносна довжина кореня становить 60 %, відносна висота пагона – 70 %, дані всередині вибірки були однорідними. Це дало підстави використовувати *L. usitatissimum* для подальших досліджень.

### 2.3. Перспективи використання біологічних методів очищення

Останнім часом в світовій практиці біологічний спосіб очищення нафтових забруднень, що заснований на застосуванні мікроорганізмів-деструкторів нафти та нафтопродуктів, стає пріоритетним при будь яких кількостях та масштабах забруднення, як найдешевший (не вимагає великих капітальних та експлуатаційних витрат та реагентів), ефективний спосіб очищення та нешкідливий (не сприяє утворенню вторинних відходів, як і при сорбційному методі).

Технологія біологічного знешкодження органічних токсикантів ґрунтується на внесенні у ґрунт певних культур мікроорганізмів та створенні оптимального середовища для розвитку мікроорганізмів.

Найпростіші способи активації мікрофлори – механічні розпушування, дискування та оранка. Однією з необхідних умов розмноження мікроорганізмів є створення оптимального температурного діапазону. Для пришвидшення міграції мікроорганізмів у останні роки використовують електрокінетичну активацію біодеградації. Також, прискоренню біодеградації екотоксикантів сприяє ультразвук.

Іншим поширеним способом біоактивації є аерація, або продування, ґрунту повітрям. Ефективність біорозкладання летких вуглеводнів, дизельного палива та інших подібних забруднювачів становить 45–94 %. Вартість оброблення ґрунту не перевищує 13–20 доларів США за 1 м<sup>3</sup>.

Також, необхідною умовою біорозкладання нафтових забруднень є внесення мінеральних добрив. Ідеальним для біодеградації є середовище із нейтральною кислотністю. Тому, для нейтралізації лужних ґрунтів вносять гіпс, а для нейтралізації кислих ґрунтів – вапно.

Одним із методів, які забезпечують подрібнення нафтових забруднень та поліпшують контакт з мікроорганізмами, є внесення ПАР, які вимивають з ґрунтів нафтопродукти разом із водою. Поєднання між собою застосування ПАР із внесенням мінеральних добрив прискорює біологічне руйнування.

Внесення культур мікроорганізмів використовується тільки у разі аварійних забруднень або за відсутності розвинутого природного біоценозу. Проте, іноді

відбувається виродження мікроорганізмів для досягнення необхідного рівня очищення, і також їх застосування може руйнувати природні біоценози.

Технології біопоглинання використовують здатність трав'яних рослин поглинати та сприяти біологічному руйнуванню нафти. Також, є ймовірність зниження забруднення ґрунту внаслідок життєдіяльності дощових черв'яків. Тим самим, біотехнології мають ряд недоліків. Біодеструкція є досить повільним процесом, окрім того, внаслідок гниття біомаси приходиться вторинне забруднення НПС через виділення аміаку та сірководню. Виділяється також велика кількість вуглекислого газу, який викликає парниковий ефект та незворотно розсіюється теплова енергія.

Дослідження трансформації нафтопродуктів, які потрапили у ґрунт в результаті розливів чи витоків у місцях зберігання чи транспортування, дає можливість проаналізувати механізми самоочищення та відновлення ґрунтів, з метою розробки технічних і хімічних засобів посилення процесів природного очищення ґрунту. Саме такий шлях нейтралізації забруднення є пріоритетним, через те що це не суперечить природному функціонуванню екосистеми, і також не призводить до неочікуваних наслідків, які пов'язані з внесенням чужорідних речовин і застосуванням деструктивних методів. Знання стадій трансформації нафти та нафтопродуктів дозволяє також визначити давність забруднення та терміни відновлення ґрунтів, підсилити ефективність контролю за забрудненням НПС нафтопродуктами.

Дослідження, які проводяться багатьма вченими, дозволяють виділити загальні етапи трансформації нафтопродуктів:

- фізико-хімічне та частково мікробіологічне руйнування аліфатичних вуглеводнів;
- мікробіологічне руйнування низькомолекулярних структур різних класів;
- трансформація високомолекулярних сполук.

Відповідно до етапів біодеградації відбувається відновлення біоценозів. Процеси ідуть різними темпами на різних шарах екосистем. Набагато повільніше, аніж мікрофлора та рослинний покрив, формується сапрофітний комплекс тварин. Як правило, повної зворотності процесу не спостерігається. Самий сильний спалах

мікробіологічної активності припадає на наступний (другий) етап біоруйнування нафтопродуктів. При подальшому зниженні чисельності усіх груп мікроорганізмів до контрольних значень, чисельність організмів, які окислюють вуглеводні впродовж довгого часу, залишається аномально високою.

На тлі загального зниження концентрації нафтопродукту в ґрунті, зниження вмісту його групових компонентів проходить нерівномірно. Швидше за інших зменшується відносний та абсолютний вміст метановонафтової фракції. Одночасно у нафті збільшується вміст смолянистих речовин, внаслідок зменшення частки інших компонентів та більш високої стійкості смол.

Дослідження зміни складу окремих компонентів нафтопродуктів у ході трансформації показали, що вже у перші три місяці помітні ознаки мікробіологічної дії на метанонафтовою фракцію. Спостереження також показують, що під час інкубації нафтопродуктів в ґрунті відбувається поступове зниження поліциклічних ароматичних вуглеводнів. Найшвидше знижується вміст вуглеводнів із меншою кількістю ядер у структурі: нафталіну, бензфлуоренів, фенантренив, хризенів.

Необхідно відмітити, що вивченню трансформації усієї системи сполук, які входять до складу нафтопродуктів, приділяється мало уваги. Швидкість розкладання нафти, за даними різних авторів, відрізняється у п'ять та більше разів. У одному випадку, відновлення первинної продуктивності земель за активної рекультивациі відбувалося протягом року, у іншому – розтягується від декількох років до 12 і більше. Такі відмінності пояснюються різними ґрунтовокліматичними умовами, у яких проводилися спостереження.

Стає очевидно, що розробити єдині рекомендації по захисту та рекультивациі земель, порушених при транспортуванні, здобуванні та переробці нафтопродуктів для усіх районів країни неможливо. Щоб зробити ці заходи більш ефективними, їх необхідно пов'язувати з ландшафтним районуванням території країни. Одержати такі дані можна завдяки постановці спеціальних експериментів на природних моделях, що дозволять побудувати імітаційні математичні моделі для прогнозування наслідків забруднення ґрунту та суміжних середовищ нафтопродуктами, оцінки ефективності природних процесів самоочищення і планування засобів їх підсилення.

## 2.8. Висновки до розділу

Таким чином, можемо зробити висновок про те, що ліквідацію нафтових забруднень ґрунту можуть здійснювати механічними (виїмка ґрунтів, збір нафтопродуктів), фізико-хімічними (спалювання, екстракція паром, відновлення територій за допомогою ініційованого гумінового сорбенту, промивання забрудненого нафтою ґрунту, сорбція, використання активованого торфу, очищення твердих поверхонь гідрофобним органомінеральним нафтовим сорбентом та ін.) та біологічними (біоремедіація, фіторемедіація).

Аналіз літературних джерел дав підстави стверджувати, що відомі механічні, фізичні та хімічні методи доволі трудомісткі, довготривалі, потребують досить великих витрат, не забезпечують всієї повноти очищення та часто приводять до вторинного забруднення НПС іншими хімічними речовинами. Крім того, вони мають ефективність тільки при використанні на малих локальних територіях та при рівнях забруднення, як правило, більше 1 % нафти у ґрунті. Вище перелічені способи дають лише одноразовий ефект, у той час як біологічні характеризуються тривалішим впливом та стабільним покращенням екологічної ситуації.

### РОЗДІЛ 3

## ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНЕ ДОСЛІДЖЕННЯ МОЖЛИВОСТІ ЗАСТОСУВАННЯ ЛЬОНУ ЗВИЧАЙНОГО LINUM USITATISSIMUM ДЛЯ ФІТОРЕМЕДІАЦІЇ ҐРУНТУ

### 3.1. Підбір концентрації нафтопродуктів у ґрунті для подальшої фітореємедіації

Наступним етапом роботи було експериментальне дослідження можливості використання льону звичайного для фітореємедіації.

Для виявлення токсичності ґрунту широко використовуються рослинні тест-системи, у яких вони здатні адекватно реагувати на зовнішній хімічний вплив внаслідок зниження подібності насіння, інтенсивності проростання коренів і пагонів, а отже виступати у ролі індикаторів токсичності [24].

Фітотестування засноване на чутливості рослин до зовнішньої дії хімічних речовин, що відображається на їх ростових та морфологічних характеристиках. Цей метод має такі основні вимоги: експресність, доступність та простота експериментів, відтворюваність та достовірність отриманих результатів, об'єктивність та економічність [25].

Особливу актуальність в екологічному контролі мають лабораторні методи фітотестування, як найбільш швидкі та економічні. Існують публікації, які доводять найбільшу чутливість лабораторних методів фітотестування у порівнянні з мікроділянковими та вегетаційними [26].

Важливо знайти тест-систему, яка даватиме змогу оцінити комбінований вплив забруднювачів довкілля, у нашому випадку нафтопродуктів, на біоту та організм людини.

Встановлено, що рослинні тест-системи мають багато переваг, серед яких:

- простота обліку ефектів та результатів;
- чутливість та відтворюваність результатів;

- низька вартість проведення аналізу;
- швидкість проведення дослідження;
- широта бази даних;
- можливість пристосування методики до різних умов проведення досліджень,

що є надзвичайно актуальним для авіаційних підприємств.

З метою оцінки рівня забруднення нафтопродуктами ґрунтів на території служби ПММ аеропорту визначено фітотоксичність ґрунту за допомогою рослинного біотесту льону звичайного *Linum Usitatissimum* L.

На першому етапі було визначено ростові характеристики льону звичайного *Linum Usitatissimum* L. у залежності від вмісту нафтопродукту в ґрунті.

Матеріали та методи: проби ґрунту, насіння льону, термостат, ростильні, нафтопродукт (авіаційний керосин марки ТС-1).

Спочатку було підготовлено 5 проб ґрунту: 4 проби для імітації забруднення на території служби ПММ аеропорту та 1 проба – чиста (еталонна) територія. У ході дослідження ґрунт штучно забруднювали авіаційним керосином (таблиця 3.1) до встановленої ОДК (1 ОДК, 10 ОДК, 100 ОДК, 1000 ОДК).

Таблиця 3.1

Характеристика досліджуваних проб

№ проби	Зразок
1	Контрольна проба
2	1 ОДК (0,04 г/кг)
3	10 ОДК (0,4 г/кг)
4	100 ОДК (4 г/кг)
5	1000 ОДК (40 г/кг)

У кожному ростильню було розподілено 200 г ґрунту (таблиця 3.2). Далі проби були штучно забруднені керосином відповідно до вищесказаних концентрацій. До кожної ростильні додано по 100 мл дистильованої води для пророщування.

## Характеристика ґрунтової суміші (склад: торф верховий, торф низинний)

Масова частка органічної речовини, %, не менше	70
Зольність, %, не більше	30
Масова частка азоту нітратного, мг/100г, не менше	12
pH, одиниць	5,0 - 7,0
Масова частка амонійного азоту, мг/100г, не менше	3
Масова частка рухомого фосфору (P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> ), мг/100г, не менше	15
Масова частка рухомого калію (K <sub>2</sub> O), мг/100г, не менше	20

У кожній ростильні на поверхню ґрунту було викладено приблизно по 200 насінин льону звичайного для пророщування (рис. 3.1). Після чого проби були розміщені у термостат з температурою 24 °С (рис. 3.2).



Рис. 3.1. Проби ґрунту штучно забруднені нафтопродуктом





Рис. 3.2. Розміщення проб у термостат з температурою 24 °С

На 3, 5, 7 добу проводились вимірювання ростових характеристик льону зі всіх п'яти проб (рис. 3.3-3.5). Було відібрано по 10 рослин з кожної ростильні та здійснено вимірювання у сантиметрах середньої довжини стебла та кореня проростків льону (таблиці 3.3-3.5).



Рис. 3.3. Зразки на 3-й день досліджень (1 – контрольна проба, від 2 до 5 за збільшенням ОДК)

Середня довжина стебла та кореня проростків льону на 3-й день досліджень

№ проби	1	2	3	4	5
Корінь, см	4,24	4,61	4,37	2,19	0,71
Стебло, см	3,49	3,16	2,4	1,14	0,44

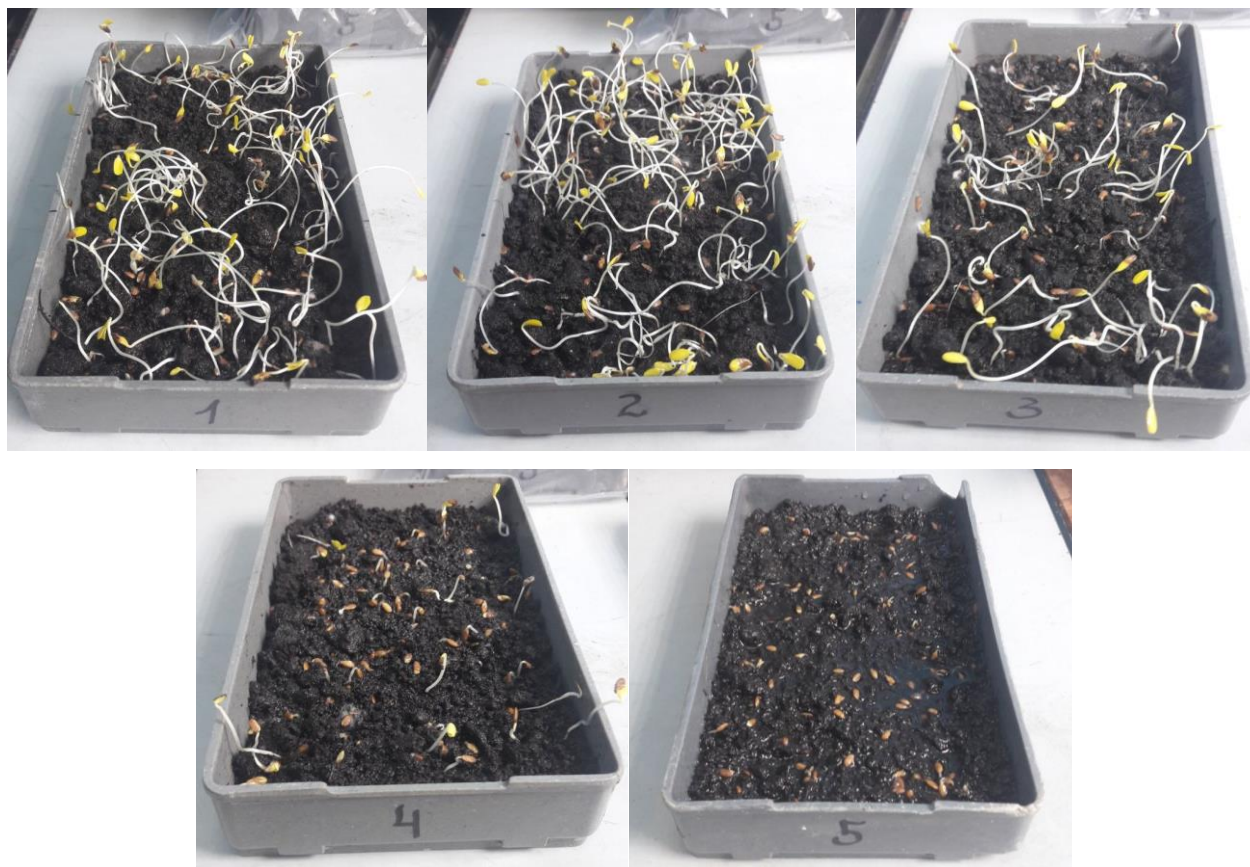


Рис. 3.4. Зразки на 5-й день досліджень (1 – контрольна проба, від 2 до 5 за збільшенням ОДК)

Середня довжина стебла та кореня проростків льону на 5-й день досліджень

№ проби	1	2	3	4	5
Корінь, см	6.35	5.45	3.65	3.3	0,36
Стебло, см	6.45	5.4	4	1,64	0,15



Рис. 3.5. Зразки на 7-й день досліджень (1 – контрольна проба, від 2 до 5 за збільшенням ОДК)

Таблиця 3.5

Середня довжина стебла та кореня проростків льону на 7-й день досліджень

№ проби	1	2	3	4
Корінь, см	4.58	5.35	4.6	2.37
Стебло, см	9.04	10.06	8.72	2.33

За результатами вимірів побудовані графіки динаміки росту коренів та стебла у порівнянні з контролем (рис. 3.6-3.8).

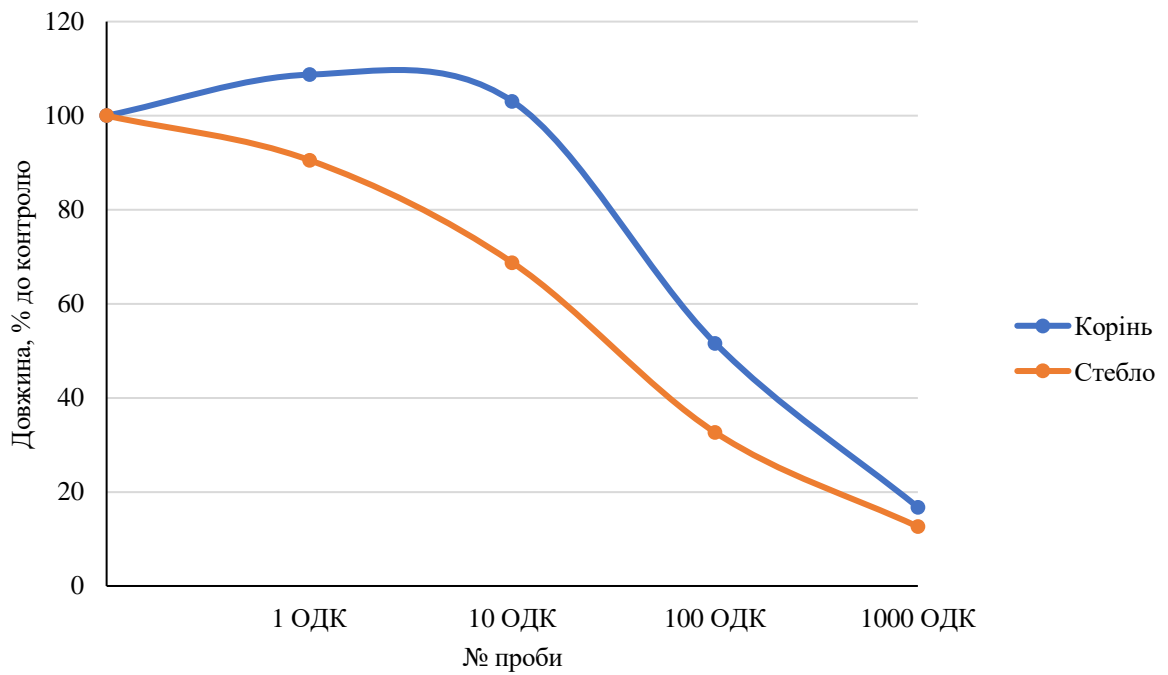


Рис. 3.6. Залежність довжини кореня та стебла проростків від рівня забруднення керосином (3 доба)

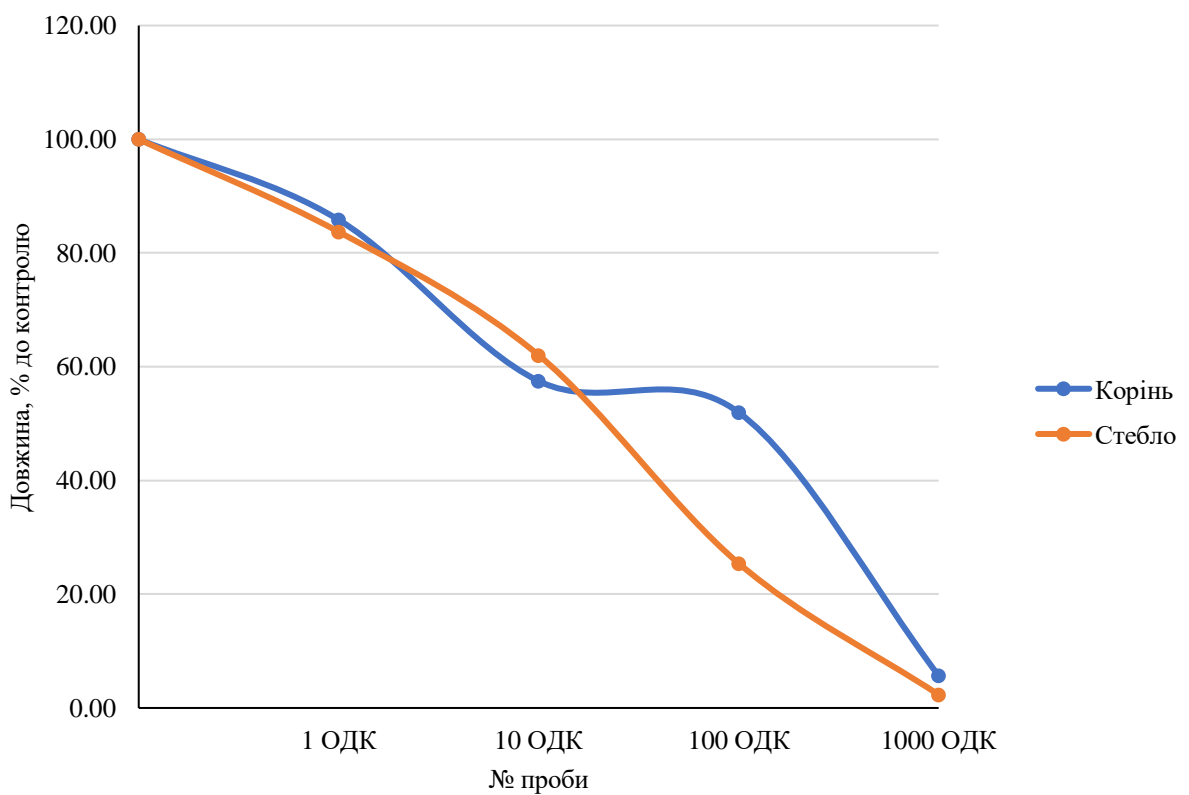


Рис. 3.7. Залежність довжини кореня та стебла проростків від рівня забруднення керосином (5 доба)

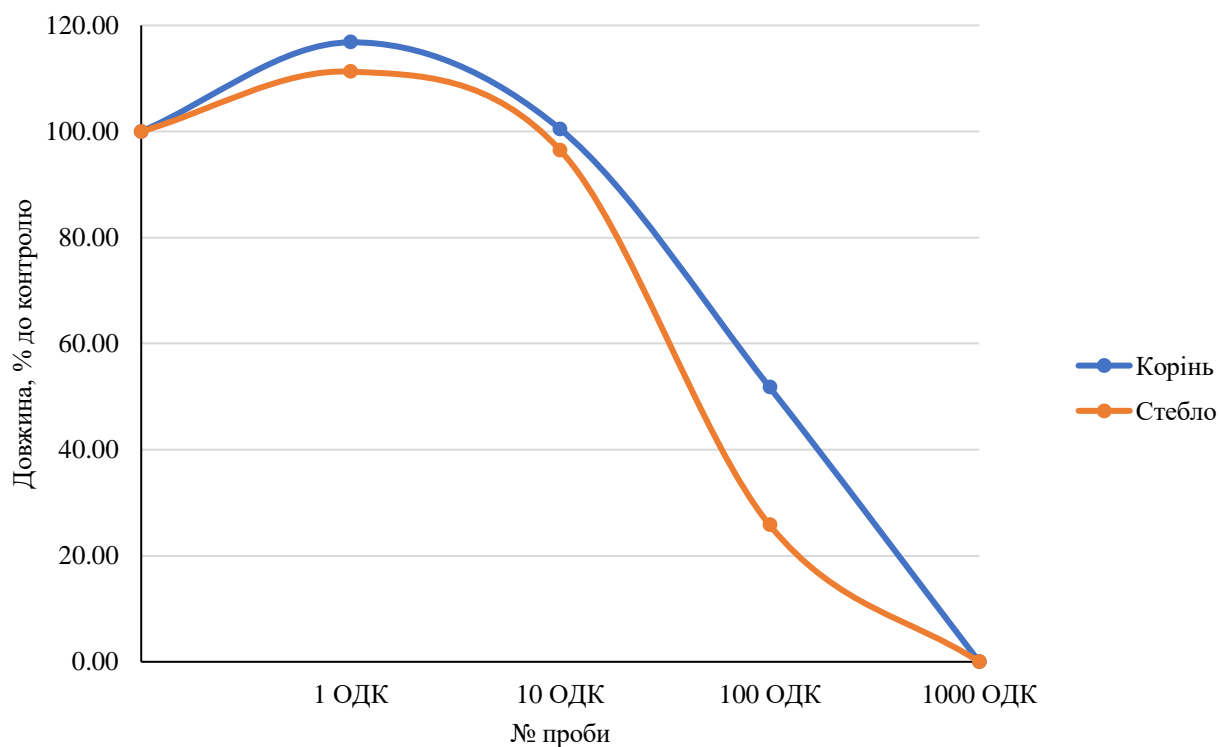


Рис. 3.8. Залежність довжини кореня та стебла проростків від рівня забруднення керосином (7 доба)

На рисунку 3.9 і таблиці 3.6 представлені результати визначення маси сирої речовини проростків льону, пророщених на досліджуваних зразках ґрунту.

Таблиця 3.6

Маса сирої речовини

Назва проби	3 день	5 день	7 день
Контроль	0.45	0.69	0.87
1 ОДК	0.44	0.68	1.00
10 ОДК	0.41	0.57	0.91
100 ОДК	0.24	0.34	0.45
1000 ОДК	0.12	0.18	0.00

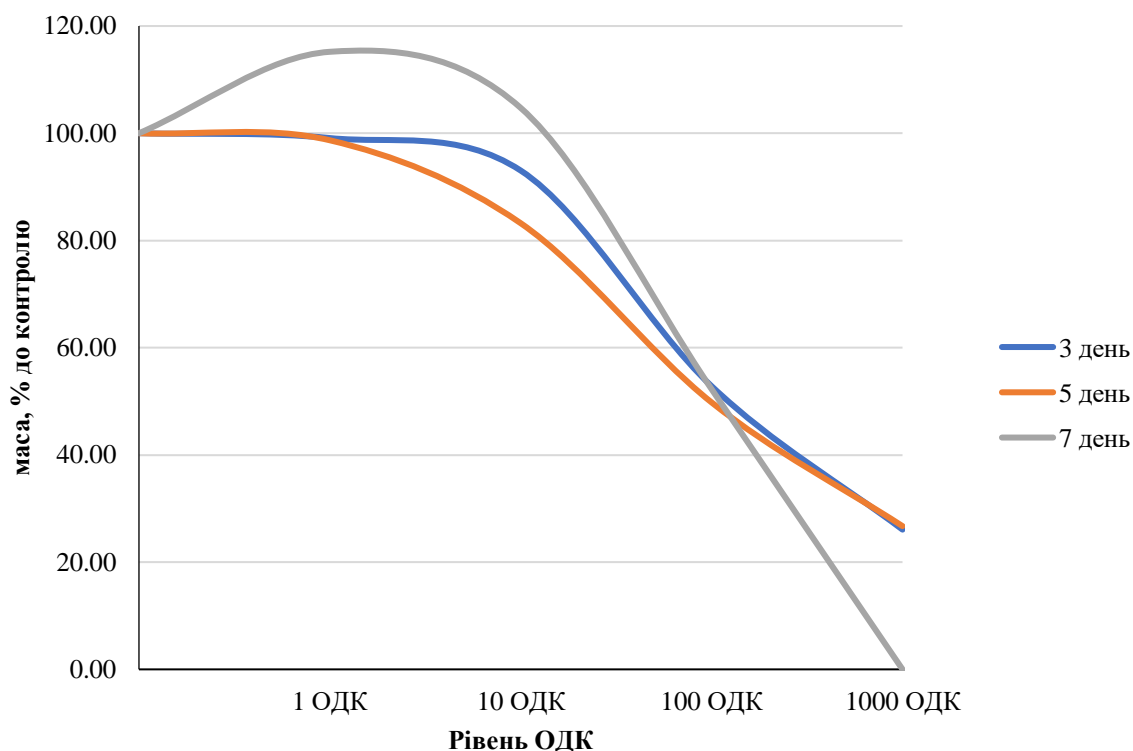


Рис. 3.9. Маса сирої речовини проростків льону

Аналізуючи отримані дані, визначення маси сирої речовини проростків льону, можемо зробити висновок про те, що зростання перевищення ОДК нафтопродукту у ґрунті призводить до пригнічення розвитку рослин та збільшення приросту стебла та кореня.

На підставі отриманих результатів можна виділити основний критерій, це довжина кореня тест-об'єкту, оскільки одним із основних механізмів фітореMediaції ґрунтів від вуглеводнів нафти є їх деструкція мікроорганізмами, об'єднаними із корінням рослин у ризосфері.

Також, у результаті аналізу отриманих результатів експериментальних досліджень, представлених на графіках 4.8-4.10, для подальшого досліджень впливу часу випаровуваності нафтопродукту на рівень забруднення ґрунту, ми обрали вміст нафтопродукту у ґрунті у кількості 10 ОДК та 100 ОДК.

### 3.2. Дослідження зміни концентрації нафтопродуктів у ґрунті від випаровуваності

Дослідження проводили за аналогічною методикою, що і для попередні п'яти проб. Підготувавши чотири проби ґрунту. До двох з яких додали (проби ґрунту 6 та 8) 10 ОДК авіаційного керосину, а що до двох – по 1000 ОДК авіаційного керосину (проби ґрунту 7 та 9).

До проб ґрунту 6 та 8 було посіяно по 272 насінини льону та розміщено у термостаті на 5-ть діб. Після чого були виміряні ростові характеристики, представлені у табл. 3.4. Зразки ґрунту 7 та 9 були залишені на п'ять діб за температури 20 °С для випаровування. На п'ятий день випаровування, на даному ґрунті (проби ґрунту 7 та 9) було посіяно по 272 насінини льону звичайного.

Таблиця 3.6.

Ростові характеристики проростків льону

№ проби	9	7	8	6
	До випаровування		Після випаровування протягом 5 діб	
Корінь, см	3,3	2,45	0,56	2,22
Стебло, см	7,05	7,4	2,71	7,9

На підставі отриманих даних можемо зробити висновок про те, що концентрація авіаційного керосину у ґрунті, після випаровування протягом п'яти діб, не зменшується. А, навпаки, спостерігається пригнічення ростових характеристик рослини-біотесту. Отже, при потраплянні авіаційного керосину до ґрунту, зі збільшення часу від моменту розливу, ускладнюється проблема очищення даного ґрунту від нафтопродукту. Тому, зі збільшення часу від потрапляння авіаційного керосину у ґрунт, потрібно використовувати більш інтенсивні та більш ефективні

технології очищення ґрунту, відповідно до зростання часу від моменту розливу. Отже, швидкість випаровування авіаційного керосину з поверхні ґрунту досить низька.

### 3.3. Дослідження ефективності використання льону з метою фіторемедіації

Наступним етапом дослідження було визначення можливості використання льону для фіторемедіації ґрунту, забрудненого авіаційним керосином.

На основі отриманих на попередньому етапі експериментальних даних, для подальшого дослідження були обрані проби з вмістом авіаційного керосину у кількості 10 та 100 ОДК. Було підготовлено три проби – 1- контрольна проба, 2 – з вмістом керосину 10 ОДК та 3- з вмістом у ґрунті авіаційного керосину – 100 ОДК.

Спочатку були протестовані дані зразки аналогічно першому етапу. Проростки льону були вилучені з ґрунту на третю добу проростання та визначені їх ростові характеристики. Після чого у даний ґрунту було посіяно повторно, у такій же кількості (272 шт.) насіння льону. На третю добу пророщування було зафіксовано ростові характеристики. Результати представлені у табл. 3.7. та рис. 3.10-3.11.

Таблиця 3.7.

Ростові характеристики проростків льону

№ з/п	Проба	Довжина кореня, см	Довжина кореня, % по відношенню до контролю	Довжина стебла, см	Довжина стебла, % по відношенню до контролю
1 Етап - біотестування					
1	Контроль	5,8	100	3,8	100
2	10 ОДК ТС-1	4,5	78	2,6	68
3	100 ОДК ТС-1	2,8	48	1,6	42
1 Етап – біотестування після фіторемедіації					
1	Контроль	5,8	100	3,8	100
2	10 ОДК ТС-1	4,9	85	3,0	79
3	100 ОДК ТС-1	3,1	53	2,1	55



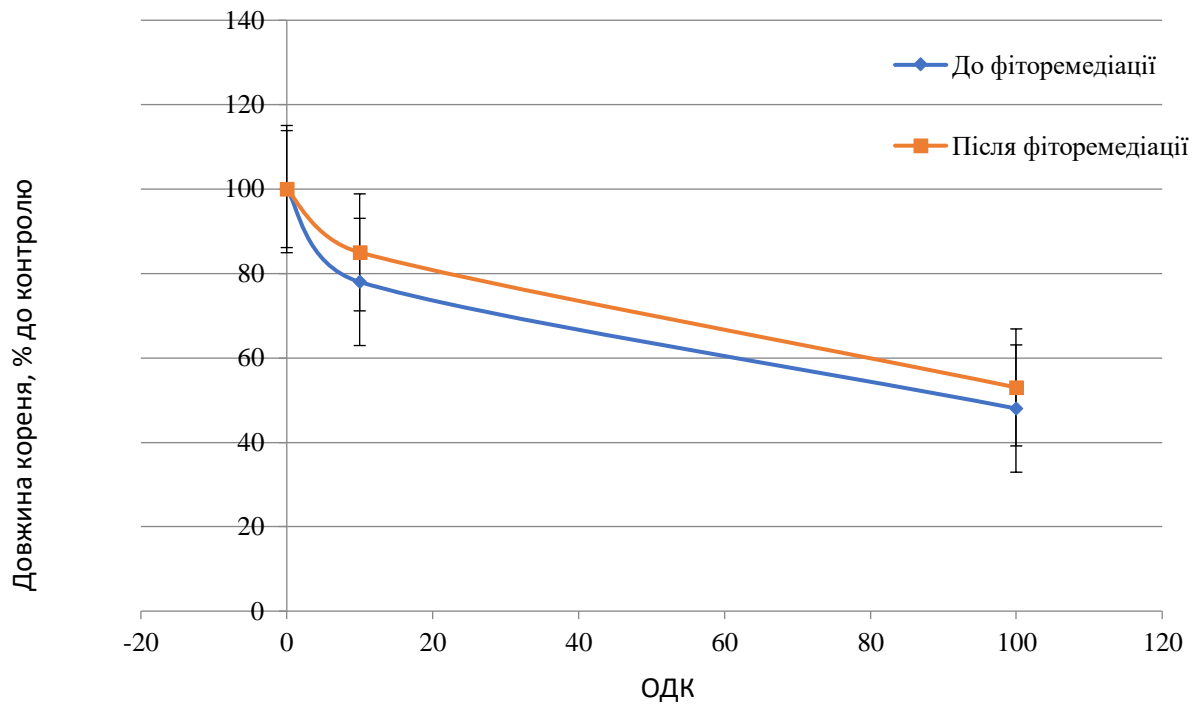


Рис. 3.10. Залежність довжини кореня проростків від рівня забруднення керосином (3 доба)

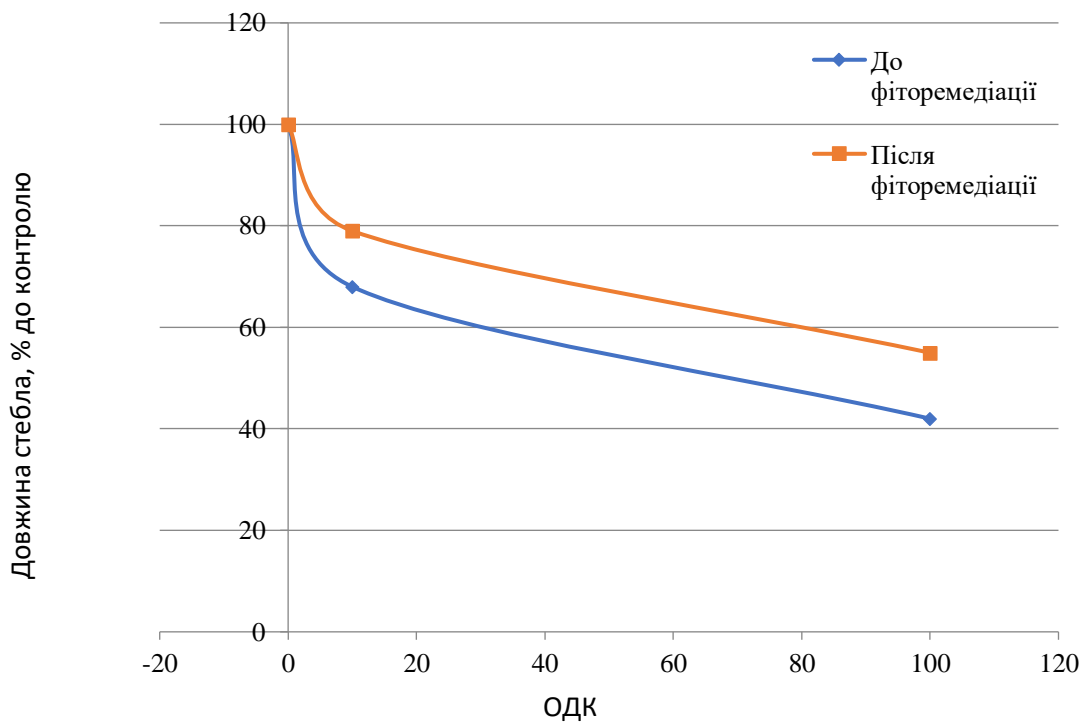


Рис. 3.11. Залежність довжини стебла проростків від рівня забруднення керосином (3 доба)

Аналізуючи отримані результати, щодо біотестування проб ґрунту, забруднених нафтопродуктом до і після пророщування на ньому льону звичайного, можемо зробити висновок про зменшення концентрації нафтопродукту у досліджених пробах, про що свідчить покращення ростових характеристик біотесту .

### **3.4. Висновки до розділу**

Встановлено, що для виявлення токсичності ґрунту широко використовуються рослинні тест-системи, у яких вони здатні адекватно реагувати на зовнішній хімічний вплив внаслідок зниження подібності насіння, інтенсивності проростання коренів і пагонів, а отже виступати у ролі індикаторів токсичності.

Фітотестування засноване на чутливості рослин до зовнішньої дії хімічних речовин, що відображається на їх ростових та морфологічних характеристиках. Цей метод має такі основні вимоги: експресність, доступність та простота експериментів, відтворюваність та достовірність отриманих результатів, об'єктивність та економічність.

З'ясовано, що особливу актуальність в екологічному контролі мають лабораторні методи фітотестування, як найбільш швидкі та економічні. Існують публікації, які доводять найбільшу чутливість лабораторних методів фітотестування у порівнянні з мікроділянковими та вегетаційними .

На підставі отриманих результатів експериментального дослідження методом біотестування проб ґрунту, штучно забрудненого авіаційним керосином, можна виділити основний критерій, це довжина кореня тест-об'єкту, оскільки одним із основних механізмів фіторемедіації ґрунтів від вуглеводнів нафти є їх деструкція мікроорганізмами, об'єднаними із корінням рослин у ризосфері.

Аналізуючи отримані дані, визначення маси сирої речовини проростків льону, можемо зробити висновок про те, що зростання перевищення ОДК нафтопродукту у ґрунті призводить до пригнічення розвитку рослин та збільшення приросту стебла та кореня.

Також, у результаті аналізу отриманих результатів експериментальних досліджень, як більш чутливі для даного тест-об'єкту, для подальшого досліджень впливу часу випаровуваності нафтопродукту на рівень забруднення ґрунту, ми обрали вміст нафтопродукту у ґрунті у кількості 10ОДК та 100 ОДК.

Аналізуючи отримані результати, щодо біотестування проб ґрунту, забруднених нафтопродуктом до і після пророщування на ньому льону звичайного, можемо зробити висновок про зменшення концентрації нафтопродукту у досліджених пробах, про що свідчить покращення ростових характеристик біотесту. А також, свідчить про те, що льон звичайний може бути використаний з метою не лише біотестування ґрунту, забрудненого нафтопродуктами, а й для фіторемедіації.

## РОЗДІЛ 4

### ОХОРОНА ПРАЦІ

Дана магістерська робота присвячена вивченню біологічних методів очищення нафтозабруднених ґрунтів. Обробка та подальший аналіз результатів виконуються у спеціалізованій лабораторії, тому при визначенні вимог для безпечних умов праці у приміщенні необхідно врахувати шкідливі та небезпечні фактори роботи. Основні аспекти системи охорони праці коротко наведені у цьому розділі.

Приміщення хімічної лабораторії з її улаштуванням, обладнанням та плануванням повинно відповідати вимогам державних будівельних норм і правил та санітарним нормам.

#### **4.1. Аналіз шкідливих та небезпечних виробничих факторів в лабораторії ПММ**

Усі види палив, змашувальних матеріалів та спеціальних рідин у тій чи іншій мірі токсичні та пожежонебезпечні. Окрім того, палива ще й вибухонебезпечні. Тому слід знати головні екологічні властивості експлуатаційних матеріалів, які проявляються при контакті з людиною та навколишнім середовищем. Найважливіші з цих властивостей – токсичність, пожежонебезпека, вибухонебезпека та здатність електризуватися [27].

Під час роботи у лабораторії на працівника може впливати певна кількість небезпечних та шкідливих факторів. За міждержавним стандартом ГОСТ 12.0.003-74\* [28] усі небезпечні та шкідливі виробничі фактори поділяються за природою дії на наступні групи:

- фізичні;
- хімічні;
- біологічні;
- психофізіологічні.

Кожна із цих груп підрозділяється на більш конкретні небезпечні та шкідливі виробничі фактори.

У процесі роботи в лабораторії ПММ на працюючих можуть впливати такі небезпечні та шкідливі виробничі фактори:

- фізичні (електричний струм, погана освітленість, електромагнітне випромінювання, невідповідність вологості та температури робочої зони встановленим нормам, підвищений шум, значний вміст шкідливих речовин у повітрі робочої зони);

- хімічні (дезінфікуючі засоби, реактиви, канцерогени, подразнюючі речовини та ін.);

- механічні (лабораторне скло, пробірки, ріжучі та колючі інструменти, гострі краї та ін.);

- біологічні (різноманітні мікроорганізми: бактерії, віруси, гриби, гельмінти, найпростіші та продукти їх життєдіяльності);

- людські (фізичні, нервово-психічні та ін.);

- пожежонебезпека.

Під час проведення досліджень у лабораторії персонал має контакт з ПММ та спецрідинами, що відносяться до шкідливих речовин: авіаційне та дизельне паливо, бензин А-95; масла; робочі рідини.

Також, тривала робота і ненормований робочий день може призвести до перевантаження людського організму.

Основні причини виникнення пожеж у лабораторії:

- несправність лабораторного обладнання та порушення правил користування;

- несправність електроустановок та мереж, що у свою чергу призводить до перегріву або короткого замикання, іскроутворення;

- вибух горючих сумішей, їх самозагорання при неправильному зберіганні або при незнанні пожежної безпеки;

- паління в пожежонебезпечних зонах.

Будівля, у якій знаходиться лабораторія має свій план евакуації та аварійний вихід на випадок екстреної евакуації працівників [29].

Для ліквідації пожеж на їх ранній стадії розвитку слід використовувати вогнегасники відповідно до вимог ДСТУ 3675-98 «Пожежна техніка. Вогнегасники переносні. Загальні технічні вимоги та методи випробувань» та ГОСТ 30612-99 «Пожежна техніка. Вогнегасники пересувні. Загальні технічні вимоги» [30,31].

#### **4.2. Заходи безпеки при використанні ПММ**

Усі працівники-лаборанти перед зарахуванням на роботу, пов'язану із нафтопродуктами, зобов'язані пройти медичний огляд. Вони повинні вивчити та мати у своєму розпорядженні інструкції із технічної, особистої та пожежної безпеки. Майже всі види робіт необхідно виконувати у спецодязі та взутті. Необхідно мати індивідуальні засоби захисту: маски, окуляри, рукавички, протигази та інші. Робочі інструменти повинні бути виготовлені з кольорового металу або обміднені.

Перед початком робіт необхідно переконатися в справності електричного устаткування та освітлювальної мережі на робочому місці. Не дозволяється працювати у закритих приміщеннях, де зберігають нафтопродукти, при відсутності або несправності витяжної вентиляції.

При загорянні одягу слід збити полум'я, закутати потерпілого в ковдру, пальто та ін. Згасивши вогонь, потрібно обробити обпалені місця, промивши їх концентрованим розчином перманганату калію. А ось застосовувати воду не рекомендується, оскільки це веде до утворення пухирів та підсилює хворобливі відчуття. При значних опіках необхідно викликати медичну допомогу.

Якщо відбулось отруєння парами нафтопродукту, то необхідно негайно вивести потерпілого на чисте повітря, швидше викликати лікаря і почати надавати першу допомогу: забезпечити спокій, дати заспокійливе, при непритомному стані піднести до носа нашатирний спирт. Уже після відновлення подиху бажано напоїти хворого міцним чаєм або кавою.

При подразненні слизових оболонок очей нафтопродуктами, їх промивають 2 % розчином соди, холодним чаєм, або чистою водою.

Категорично заборонено зберігати ПММ у відкритій тарі та ємностях [27].

Нафтопродукти, що зайнялися, ні у якому разі не можна заливати водою, оскільки продукт розтікається по поверхні води та полум'я підсилюється. Для ліквідації вогню слід якнайшвидше обмежити доступ повітря до палаючого предмету.

Для застерігання шкірних захворювань рекомендовано застосовувати індивідуальні засоби захисту, які вимагають постійного кваліфікованого підходу. Якщо спецодяг забруднений або з'явилася необхідність в його ремонті раніше встановленого строку, то це потрібно провести достроково.

Відкриті ділянки шкіри при роботі з ПММ необхідно захищати профілактичними пастами, які призначає лікар на підставі результатів профілактичного огляду.

Для очищення рук від нафтопродуктів та інших виробничих забруднень використовують автолову мазь (ФС 42-303-72) [27]. Для миття рук, що сильно забруднені маслами, іржею, фарбами та іншими речовинами можна застосувати пасту "Раллі-М".

Отруєння важкого ступеня виникають, як правило, при вдиханні пари продуктів термічного розкладання масел, що утворюється у замкнених об'ємах та системах техніки в умовах тривалого використання при підвищених температурах.

Отже, для попередження отруєння маслами слід дотримуватись таких запобіжних заходів:

- всю роботу (при підвищених температурах) виконувати у приміщенні, що добре провітрюється або на відкритому повітрі з використанням спецодягу;
- при потраплянні масел на одяг, місця забруднень потрібно протерти гасом, а потім просушити одяг на відкритому повітрі;
- після закінчення роботи промити робочий інструмент гасом і прийняти теплий душ із милом.

З відпрацьованими маслами слід поводитися із великою обережністю, через те що вони вкрай отруйні та небезпечні для шкіри. Також вони є сильними

забруднювачами, тому їх не можна зливати у каналізацію або на землю, а потрібно збирати у спеціальні посудини.

Щодо вентиляції, то вона повинна відповідати наступним санітарно-гігієнічним вимогам:

- створювати у робочій зоні приміщення нормовані параметри повітряного середовища;
- не створювати на робочому місці протягів або різкого охолодження;
- не вносити у приміщення забруднене повітря ззовні чи шляхом засмокування забрудненого повітря із суміжних приміщень;
- бути доступними для ремонту під час експлуатації;
- не створювати під час експлуатації додаткових незручностей;
- бути економічними та вибухо- і пожежобезпечними.

#### **4.3. Рекомендації щодо покращення умов праці лаборанта**

Загальні заходи і засоби попередження забруднення повітря робочої зони та захисту працівників включають:

- вилучення шкідливих речовин із технологічного процесу, або заміна цих речовин менш шкідливими і т.д.;
- поліпшення технологічних процесів і устаткування;
- автоматизація технологічних процесів задля обмеження безпосереднього контакту працівника зі шкідливими речовинами;
- герметизація виробничого обладнання, локалізація шкідливих парів місцевою вентиляцією;
- забезпечення нормального функціонування системи опалення, вентиляції, кондиціонування повітря та очистки викидів в атмосферу;
- медичні огляди працівників, їх профілактичне харчування та дотримання правил особистої гігієни;
- користування засобами індивідуального захисту.



До засобів захисту органів дихання відносять різні респіратори та протигази. Вони забезпечують захист органів дихання при умові обмеженого вмісту шкідливих речовин у повітрі та при вмісті кисню не менше 18 %. Найчастіше використовують саме респіратори, які поділяють на протипилові, протигазові та універсальні. Респіратори складаються із маски (напівмаски) та фільтра, що захищають органи дихання людини від аерозолів. Промисловістю випускаються респіратори таких марок: Ф-62Ш, ШБ-1 “Лепесток”, “Астра-2” і т.д [32].

Для захисту робітників хімічних лабораторій від негативного впливу небезпечних та шкідливих факторів слід використовувати засоби колективного та індивідуального захисту відповідно до вимог ДСТУ 7238:2011.

Інженерно-технічний персонал лабораторій повинен забезпечуватись засобами індивідуального захисту, що відповідають вимогам, які встановлені у ГОСТ 12.4.001-80, ГОСТ 12.4.103-83, та по нормах, що діють.

Отже, система охорони праці повинна забезпечувати необхідний рівень безпеки праці у сфері науки та виробництва. Поточний стан охорони праці у лабораторії, в якій ми працювали, не перевищують встановлені гранично допустимі рівні.

#### **4.4. Пожежна безпека**

Заряди статичної електрики, які накопичуються в ємкості (резервуарі, цистерні), створюють великі потенціали, що в свою чергу може привести до виникнення іскрового розряду, а потім, і до пожежі. При заземленні всіх ємкостей можна запобігти виникненню розрядів статичної електрики. У процесі експлуатації потрібно контролювати їх справність.

Задля того щоб запобігти виникненню пожеж під час зливання нафтопродуктів у резервуари, то їх перед зливанням заземлюють. Оператор-заправник та водій автомобіля-цистерни повинні знаходитися поруч біля резервуара до повного зливу нафтопродукту. По всій території паливозаправного пункту забороняється курити, ліквідувати несправності у системі запалювання карбюраторних двигунів чи виконувати будь які інші роботи, що пов'язані з ремонтом транспортних засобів.

Відстань між автомобілем, що знаходиться позаду нього, повинна бути не менш ніж 3 м, а відстань між наступними автомобілями – не менше 1 м.

Автомобілі необхідно заправляти при непрацюючому двигуні. Під час грози заправлення автомобілів та злив нафтопродуктів у ємності не допускаються.

На зовнішніх поверхнях наземних резервуарів та цистерн має бути добре видно написи "Вогнебезпечно", "Не курити". Елементи паливозаправних засобів мають бути у технічно справному стані, що відноситься також і до автомобілів-цистерн.

При виконанні зливних та заправних операцій, перекачуванні палива із однієї ємності у іншу потрібно стежити, щоб витoki палива не потрапили на площадку, підлогу тощо. Місця витоків палива посипають тонким шаром сухого піску. Після протирання ці матеріали виносять за межі території та утилізують. Ефективним засобом видалення пролитого бензину також є тривідсотковий водяний розчин хлорного вапна, який наносять у вигляді тонкого шару на місце витоків. Проте варто враховувати, що з метою уникнення загорання пролитого бензину не допускається застосування хлорного вапна у сухому виді.

Територію паливозаправного пункту огорожують забором висотою не менше ніж 2,1 м, а при озелененні території слід саджати тільки листяні породи не ближче ніж 5 м від резервуарів та стовпчиків. Проїзну частину території паливозаправного пункту викладають із твердого покриття. Крім того її облаштовують аварійними стоками відкритого типу та колодзями із ямами для збору нафтопродуктів, що можуть раптово розлитися.

Пожежі на паливозаправних пунктах можуть виникати в тому числі й від несправності електропроводів, якими подається напруга до електродвигунів та приладів освітлення. У таких випадках особливо важливо, щоб вибухозахисні пристрої були без механічних ушкоджень.

На паливозаправному пункті автотранспортні засоби заїжджають зі швидкістю до 5 км/год, обов'язково дотримуючись при цьому вищенаведеної дистанції між автомобілем, що заправляється.

Категорично забороняється заправляти транспортні засоби, якщо у них знаходяться пасажирів, та якщо вони завантажені легкозаймистими матеріалами

(сіном, бавовною тощо).

Категорично забороняється при загорянні рідких нафтопродуктів користуватися для їх гасіння водою, оскільки щільність нафтопродуктів менше за щільність води, і через це запалене паливо спливатиме на поверхню води, не зменшуючи при тому інтенсивність горіння. Полум'я на поверхні палива у резервуарах та паливних баках гасять, герметично закривши люки та кришки заливних горловин, а з боку зовнішньої поверхні – використовуючи пісок, вогнегасники, азбестові матеріали, бавовняні тканини, брезенти. Воду застосовують лише у складі спеціальних піноутворюючих речовин, та у виді повітряно-механічної піни, яка виготовляється пожежними машинами.

Одяг, який зайнявся на людині потрібно гасити, накинувши на осередок горіння повітронепроникну тканину, потім інші ділянки одягу сильно змочують струменем води.

До початку проведення будь яких робіт, що пов'язані з відкритим вогнем та утворенням іскор, відповідальний за виробництво повинен ознайомитись із даними аналізу повітря на місці вибухонебезпечних концентрацій парів, а також визначити місце, де розташоване зварювальне устаткування. У місця розташування зварювального обладнання та проведення зварювальних робіт не повинна проникати пароповітряна суміш нафтопродуктів. Заборонено переносити проводи від зварювальних апаратів, які знаходяться під напругою, залишати включеним електрозварювальний апарат за відсутності електрозварника, та зварювати деталі на яких ще не висохла фарба.

Паливозаправний пункт має бути захищеним від ударів блискавки. Це виконують у вигляді окремих стрижневих струмовідводів, яких має бути не менше двох. Стрижні блискавковідводів зазвичай виготовляють із заліза, залізобетону та дерева. Блискавкоприймачі виготовляють із будь якої марки сталі та обробляють антикорозійними засобами. З'єднують блискавкоприймачі зі струмовідводами за допомогою електрозварювання.

Суть гасіння палаючих нафтопродуктів – ізолювання полум'я палаючого нафтопродукту від кисню, який знаходиться в повітрі. Гасіння проводять за

допомогою наступних засобів:

- інертних газів;
- водяної пари;
- хімічної піни;
- повітряно-механічної піни;
- порошкоподібних речовин;
- піску тощо.

Інертний газ та водяну пару використовують в тих випадках, коли пожежа виникла у закритому приміщенні або у не повністю заповненому резервуарі. А отже, інтенсивне заповнення газом чи паром простору над полум'ям дає змогу зупинити процес горіння.

Хімічна піна – це бульбашки вуглекислого газу, що покриті найтоншою водяною плівкою. Повітряно-механічну піну можна отримати, змішавши у спеціальних піногенераторах пінопорошок (0,4 – 0,2 %), воду (9,6 – 9,8 %) та 90 % повітря.

Пісок є найпоширенішим засобом для гасіння пожежі. Його зберігають в шухлядах з кришками, що запобігають потраплянню туди вологи та сміття. За відсутності піску можна використати ґрунт, а для невеликого полум'я – мішковину або покривала з асбестониткової тканини.

## ВИСНОВКИ

У результаті аналізу літературних джерел встановлено, що нафтопродукти – це одні з найбільш поширених і небезпечних техногенних забруднювачів навколишнього середовища, що пов'язано зі здатністю вуглеводнів утворювати токсичні сполуки у ґрунтах, поверхневих та підземних водах.

Також, встановлено, що основними джерелами забруднення НПС нафтою та нафтопродуктами є об'єкти нафтовидобування та нафтопереробки, нафтові трубопроводи, нафтобази, АЗС, всі види транспорту, що використовують нафту та нафтопродукти. Зокрема, аеропорти, на території яких відбувається заправлення транспортних засобів різними марками нафтопродуктів. Причинами забруднення довкілля є різного типу аварії при транспортуванні, видобутку, зберіганні та використанні нафтопродуктів, неналежне поводження з відходами у складі яких є нафтові вуглеводні, викиди та стічні води, викиди двигунів автотранспорту, транспортні підприємства та інші.

Встановлено, що забруднення земель (ґрунтів) нафтопродуктами через діяльність транспорту має суттєву відмінність від розливів нафти під час видобування та транспортування, оскільки нафтопродукти проникають у нижні шари ґрунту поступово, у міру зростання концентрації речовин на поверхні. А процеси природного відновлення біогеоценозів на забруднених територіях відбуваються досить повільно, причому темпи зародження різних ярусів екосистем різні. Крім того, сапрофітний комплекс тварин формується набагато повільніше, ніж мікрофлора і рослинний покрив.

Тому, актуальним є завдання пошуку високоефективних сучасних способів відновлення якісних характеристик ґрунтів, забруднених нафтопродуктами. Зокрема, із використанням біологічних методів.

Таким чином, можемо зробити висновок про те, що ліквідацію нафтових забруднень ґрунту можуть здійснювати механічними (виїмка ґрунтів, збір нафтопродуктів), фізико-хімічними (спалювання, екстракція паром, відновлення

територій за допомогою ініційованого гумінового сорбенту, промивання забрудненого нафтою ґрунту, сорбція, використання активованого торфу, очищення твердих поверхонь гідрофобним органомінеральним нафтовим сорбентом та ін.) та біологічними (біоремедіація, фіторемедіація).

Аналіз літературних джерел дав підстави встановити, що відомі механічні, фізичні та хімічні методи доволі трудомісткі, довготривалі, потребують досить великих витрат, не забезпечують всієї повноти очищення та часто приводять до вторинного забруднення НПС іншими хімічними речовинами. Крім того, вони мають ефективність тільки при використанні на малих локальних територіях та при рівнях забруднення, як правило, більше 1 % нафти у ґрунті. Вище перелічені способи дають лише одноразовий ефект, у той час як біологічні характеризуються тривалішим впливом та стабільним покращенням екологічної ситуації.

Для виявлення токсичності ґрунту широко використовуються рослинні тест-системи, у яких вони здатні адекватно реагувати на зовнішній хімічний вплив внаслідок зниження подібності насіння, інтенсивності проростання коренів і пагонів, а отже виступати у ролі індикаторів токсичності.

З'ясовано, що на сьогодні особливу актуальність в екологічному контролі мають лабораторні методи фітотестування, як найбільш швидкі та економічні. Існують публікації, які доводять найбільшу чутливість лабораторних методів фітотестування у порівнянні з мікроділянковими та вегетаційними.

Встановлено, що для виявлення токсичності ґрунту широко використовуються рослинні тест-системи, у яких вони здатні адекватно реагувати на зовнішній хімічний вплив внаслідок зниження подібності насіння, інтенсивності проростання коренів і пагонів, а отже виступати у ролі індикаторів токсичності.

Фітотестування засноване на чутливості рослин до зовнішньої дії хімічних речовин, що відображається на їх ростових та морфологічних характеристиках. Цей метод має такі основні вимоги: експресність, доступність та простота експериментів, відтворюваність та достовірність отриманих результатів, об'єктивність та економічність.

З'ясовано, що особливу актуальність в екологічному контролі мають лабораторні методи фітотестування, як найбільш швидкі та економічні. Існують публікації, які доводять найбільшу чутливість лабораторних методів фітотестування у порівнянні з мікроділянковими та вегетаційними .

На підставі отриманих результатів експериментального дослідження методом біотестування проб ґрунту, штучно забрудненого авіаційним керосином, можна виділити основний критерій, це довжина кореня тест-об'єкту, оскільки одним із основних механізмів фіторемедіації ґрунтів від вуглеводнів нафти є їх деструкція мікроорганізмами, об'єднаними із корінням рослин у ризосфері.

Аналізуючи отримані дані, визначення маси сирої речовини проростків льону, можемо зробити висновок про те, що зростання перевищення ОДК нафтопродукту у ґрунті призводить до пригнічення розвитку рослин та збільшення приросту стебла та кореня.

Також, у результаті аналізу отриманих результатів експериментальних досліджень, як більш чутливі для даного тест-об'єкту, для подальшого досліджень впливу часу випаровуваності нафтопродукту на рівень забруднення ґрунту, ми обрали вміст нафтопродукту у ґрунті у кількості 10ОДК та 100 ОДК.

Аналізуючи отримані результати, щодо біотестування проб ґрунту, забруднених нафтопродуктом до і після пророщування на ньому льону звичайного, можемо зробити висновок про зменшення концентрації нафтопродукту у досліджених пробах, про що свідчить покращення ростових характеристик біотесту. А також, свідчить про те, що льон звичайний може бути використаний з метою не лише біотестування ґрунту, забрудненого нафтопродуктами, а й для фіторемедіації.

## СПИСОК БІБЛІОГРАФІЧНИХ ПОСИЛАНЬ ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Давыдова С.Л. Превращения нефти в биосфере / С.Л. Давыдова // Энергия: экономика, техника, экология. - 2006. - № 5. - 53-58 с.
2. Халимов Э.М. Экологические и микробиологические аспекты повреждающего действия нефти и свойства почвы / Э.М. Халимов, С.В. Левин, В.С. Гузев // Вестник Московского ун-та, серия: Почвоведение, 1996. – №2. – 59-64 с.
3. Ера нафти добігає кінця [Електронний ресурс] // Незалежний аналітичний центр геополітичних досліджень Борисфен Інтел. – 2016. – Режим доступу до ресурсу: <http://bintel.com.ua/uk/article/jera-nefti-zakanchivaetsja/>.
4. Зеркалов Д.В. Довідник споживача нафтопродуктів / Д.В. Зеркалов // К.: Наук.світ, – 2000. – 38–42 с.
5. Kreider R.E. Identification of oil leaks and spills / R.E. Kreider // International Oil Spill Conference. – 2005. – 35–98 с.
6. Рябов В.Д. Химия нефти и газа: учебное пособие / В.Д. Рябов // М.: ИД ФОРУМ. – 2009. – 336–344 с.
7. Боровский Б.В. К проблемам локализации и ликвидации нефтяных загрязнений на объектах Минобороны РФ / Б.В. Боровский, Л.В. Боровский, С.И. Бухарин. // Геоэкология. – 1997. – № 5. – 75–83 с.
8. Книга 1. Від вогню та води до електрики [Електронний ресурс] // Енергетика: історія, сучасність і майбутнє. – 2012. – Режим доступу до ресурсу: <http://energetika.in.ua/ua/books/book-1>.
9. Кулагін О. О. Еколого-гігієнічна оцінка та регламентація вмісту нафтопродуктів у чорноземному ґрунті і шляхи його біологічної ремедіації : дис. канд. мед. наук : 03.00.16 / Кулагін Олександр Олександрович – Дніпро, 2017. – 14 с.
10. Качала Т. Б. Удосконалення систем екологічного моніторингу ґрунтового покриву виснажених нафтогазових родовищ прикарпаття (на прикладі Битків - Бабченського нафтогазоконденсатного родовища) : дис. канд. техн. наук : 21.06.01 / Качала Тарас Богданович – Івано-Франківськ, 2018. – 47 с.



11. Що таке аеропорт, термінал, та їх класифікація. [Електронний ресурс] // Air in me. – 2020. – Режим доступу до ресурсу: <https://www.airinme.com/ua/blog/historic-places/scho-takeo-airport-terminal-h-clasifica/>.
12. Маджд С. М. Дослідження екологічного стану зони аеропорту в результаті забрудненості нафтопродуктами ґрунту та водних об'єктів / Світлана Михайлівна Маджд. // Вісник НАУ. – 2005. – 141 с.
13. Гринчишин Н. Вертикальна міграція дизельного палива в ґрунтах різного типу / Н. Гринчишин, О. Бабаджанова, Н. Лагуш. – 35 с.
14. Овчинникова И. Н. Экологический риск и загрязнение почв / И. Н. Овчинникова. – М., 2003. – 364 с.
15. Рэуце К. Борьба с загрязнением почв / К. Рэуце, С. Кырстя. – М. : Агропромиздат, 1986. – 317с.
16. Стійкість ґрунту проти забруднення нафтою: параметри оцінки і механізми формування / М. М. Мірошніченко, Є. В. Панасенко, Л. М. Мірошніченко, В. І. Якушко // Агрохімія і ґрунтознавство. – 2001. – Вип.61. – 176-185 с.
17. Sikkema J. Mechanisms of Membrane Toxicity of Hydrocarbons / J. Sikkema, A.M. de Bont, B. Poolman // Microbiological REVIEWS. – 1995. – Vol. 59, N 2. – 201-222 p.
18. Тюленева В. А. К вопросу исследования фильтрации нефти в почвах / В. А. Тюленева, В. А. Соляник, И. В. Васькина // Вісник КДПУ. – 2006. – Вип. 2/2006 (37), ч. 2. – 110-112 с.
19. Василенко П. А. Анализ современных отечественных и зарубежных концепций производственного экологического мониторинга нефтегазового комплекса и ликвидации последствий чрезвычайных ситуаций на этих объектах / П. А. Василенко, С. Г. Корниенко. — М. : НПНГ, 1997. — 33 с.
20. Мірошніченко Н. Н. Принципы регламентации углеводородного загрязнения почв Украины / Н. Н. Мірошніченко // Почвоведение. — 2008. — № 5. — 614–622 с.
21. Міронова Н. Г. Фітомеліорація техногенних водойм Малого Полісся / Н. Г. Міронова. — Л.; 2015. – 40 с.

22. Володимир К. Енциклопедія українознавства / Володимир К. — Наукове товариство імені Шевченка; Львів ; Київ : Глобус, 1955—2003. Т. 4.— 1266 с.
23. Зміни родючості ґрунту при вуглеводневому забрудненні / М. М. Мірошніченко, А. І. Фатєєв, Є. В. Панасенко, В. І. Якушко // Вісник аграрної науки. — 2002. — №10. — 52–54 с.
24. Колесников, С.И. Биодиагностика экологического состояния почв, загрязненных нефтью и нефтепродуктами / С.И. Колесников, К.Ш. Казеев, В.Ф. Вальков. — Ростов-на-Дону: Изд-во Ростиздат, 2007. — 192 с.
25. Маячкина Н.В. Особенности биотестирования почв с целью их экотоксикологической оценки / Н.В. Маячкина, М.В. Чугунова // Вестник Нижегородского университета им. Н.И. Лобачевского. — 2009. — № 1. — 84– 93 с.
26. Терехова В.А. Биоиндикация и биотестирование в экологическом контроле / В.А. Терехова // Использование и охрана природных ресурсов. — 2007. — №1(91). — 88–90 с.
27. Паливо-мастильні матеріали, технічні рідини та системи їх забезпечення./ Упор. В.Я.Чабанний. — Кіровоград: Центрально-Українське видавництво, 2008. — 444 с.
28. ГОСТ 12.0.003-74. Небезпечні та шкідливі виробничі фактори. Класифікація. [Чинний від 1974-11-18] . Вид. офіц. СРСР, 1994. - 4 с.
29. ГОСТ 12.1.018-93. ССБТ. Пожаровзрывобезопасность статического электричества. Общие требования. [Чинний від 1993-10-21] . Вид. офіц. СРСР, 1994.
30. ДСТУ 3675-98. «Пожежна техніка. Вогнегасники переносні. Загальні технічні вимоги та методи випробувань». [Чинний від 1999-01-01] . Вид. офіц. Київ.
31. ГОСТ 30612-99. «Пожежна техніка. Вогнегасники пересувні. Загальні технічні вимоги». [Чинний від 2000-07-01] . Вид. офіц. Київ.
32. ГОСТ 12.1.005-88. «Система стандартов безопасности труда. Средства защиты работающих. Общие требования и классификация». [Чинний від 1989-01-01] . Вид. офіц. СРСР.

33. Другов, Ю. С. Экологические анализы при разливах нефти и нефтепродуктов [Текст]: практ. рук. / Ю. С. Другов, А. А. Родин. – 2-е изд. – М.: БИНОМ, Лаборатория знаний, 2011. – 270 с.
34. Логинов, О. Н. Биотехнологические методы очистки окружающей среды от техногенных загрязнений [Текст] / О. Н. Логинов, Н. Н. Силищев, Т. Ф. Бойко, Н. Ф. Галимзянова. – Уфа: Государственное издательство научнотехнической литературы "Реактив", 2000. – 100 с.
35. Voopathy, R. Factors limiting bioremediation technologies [Text] / R. Voopathy // Bioresource Technology. – 2000. – Vol. 74, Issue 1. – 63–67 p.
36. Lee, E. H. Bioremediation of diesel contaminated soils by natural attenuation, Biostimulation and Bioaugmentation employing Rhodococcus sp. EH831 [Text] / E. H. Lee, Y. S. Kang, K. S. Cho // Korean J. Microbiol. Biotechnol. – 2011. – Vol. 39, Issue 1. – 86–92 p.
37. Вельков, В. В. Биоремедиация: принципы, проблемы, подходы [Текст] / В. В. Вельков // Биотехнология. – 1995. – № 3-4. – 70–76 с.
38. Киреева, Н. А. Микробиологические процессы в нефтезагрязненных почвах [Текст] / Н. А. Киреева. – Уфа: Изд-во БашГУ, 1994. – 171 с.
39. Габбасова, И. М. Деградация и рекультивация почв Башкортостана [Текст] / И. М. Габбасова; под ред. Ф. Х. Хазиева. – Уфа: Гилем, 2004. – 284 с.
40. Колесниченко, А. В. Процессы биодеградации в нефтезагрязнённых почвах [Текст] / А. В. Колесниченко, А. И. Марченко, Т. П. Побежимова, В. В. Зыкова. – Москва: Промэкобезопасность, 2004. – 194 с.
41. Киреева, Н. А. Биологическая активность нефтезагрязненных почв [Текст] / Н. А. Киреева, В. В. Водопьянов, А. М. Мифтахова. – Уфа: Гилем, 2001. – 376 с.
42. Салангинас, Л. А. Изменение свойств почв под воздействием нефти и разработка системы мер по их реабилитации [Текст] / Л. А. Салангинас. – Екатеринбург: Элита-Комплекс, 2003. – 412 с.

43. Сухоносова, А. Н. Очистка почв от нефтяного загрязнения и оценка ее эффективности [Текст] / А. Н. Сухоносова, В. А. Бурлака, Д. Е. Быков, И. В. Бурлака, Н. В. Бурлака // Экология и промышленность России. – 2009. – 18–20 с.
44. Бухгалтер, Э. Б. Рекультивация почвы, загрязненной газовым конденсатом [Текст] / Э. Б. Бухгалтер, Р. В. Галиулин, В. Н. Башкин, И. Е. Сидорова, А. В. Грунвальд, А. Ю. Семенцов, Р. А. Галиулина // Защита окружающей среды в нефтегазовом комплексе. – 2008. – № 2. – 16–18 с.
45. Мирчинг Т.Г. Почвенная микология / Т.Г. Мирчинк. – М., Изд-во МГУ, 1988. – 220 с.
46. Илларионов С.А. Экологические аспекты восстановления нефтезагрязненных почв / С.А. Илларионов / Екатеринбург: УрО РАН, 2004. – 194 с.
47. Хазиев Ф.Х. Влияние нефтяного загрязнения на некоторые компоненты агроэкосистемы / Ф.Х. Хазиев, Е.И. Тишкина, Н.А. Киреева и др. // Агрехимия. – 1988. – №2. – 89 с.
48. Gudin, C. Biological aspects of land rehabilitation following hydrocarbon contamination [Text] / C. Gudin, W. J. Syrratt // Environmental Pollution (1970). – 1975. – Vol. 8, Issue 2. – 107–112 p.
49. Нечаева, И. А. Стимуляция микробной деструкции нефти в почве путем внесения бактериальной ассоциации и минерального удобрения в лабораторных и полевых условиях [Текст] / И. А. Нечаева, А. Е. Филонов, Л. И. Ахметов // Биотехнология. – 2009. – № 1. – 64–70 с.
50. Плешакова, Е. В. Изменение биологической активности загрязненной углеводородами почвы [Текст] / Е. В. Плешакова, А. Ю. Муратова, О. В. Турковская // Поволжский экологический журнал. – 2011. – № 4. – 482–488 с.
51. Мельников, Д. А. Распределение признаков биodeградации углеводородов и оценка технологически важных свойств нефтеокисляющих бактерий [Текст]: автореф. дис. канд. биол. наук / Д. А. Мельников. – Краснодар, 2005. – 25 с.

52. Кобзев, Е. Н. Исследование устойчивости ассоциации микроорганизмов – нефтеструктуров в открытой системе [Текст] / Е. Н. Кобзев, С. Б. Петрикевич, А. Н. Шкидченко // Прикладная биохимия и микробиология. – 2001. – Т. 37, № 4. – 413–417с.
53. Шкидченко, А. Н. Изучение нефтеструктивной активности микрофлоры прибрежной зоны Каспийского моря [Текст] / А. Н. Шкидченко, М. У. Аринбасаров // Прикл. биохимия и микробиология. – 2002. – Т. 38, № 5. – 509–512 с.
54. Гоголева, О. А. Углерододокисляющие микроорганизмы природных экосистем [Текст] / О. А. Гоголева, Н. В. Немцева // Бюллетень Оренбургского научного центра УрО РАН. – 2012. – № 2.
55. Мокеева, А. В. Ассоциация штаммов бактерий-нефтеструктуров для ремедиации нефтезагрязненных территорий [Текст] / А. В. Мокеева, А. Ю. Алексеев, Е. К. Емельянова, В. А. Забелин, А. В. Заушинцена, А. С. Тараканова, А. М. Шестоपालов, Т. Н. Ильичева // Вестник НГУ. Серия: Биология, клиническая медицина. – 2011. – Т. 9, № 3. – 27–34 с.
56. Banks, M. K. Degradation of crude oil in the rhizosphere of *Sorghum bicolor* [Text] / M. K. Banks, P. Kulakow, A. P. Schwab, Z. Chen, K. Rathbone // International Journal of Phytoremediation. – 2003. – Vol. 5, Issue 3. – 225–234 p.
57. Schnoor, J. L. Phytoremediation of soil and groundwater [Text] / J. L. Schnoor // Technology Evaluation Report TE-02-01. – Groundwater Remediation Technologies Analysis Centre (GWRTAC): Pittsburgh, PA, USA, 2002. – 45 p.
58. Dushenkov, S. Phytoremediation: a novel approach to an old problem [Text] / S. Dushenkov, Y. Kapulnik, M. Blaylock, B. Sorochisky, I. Raskin, B. Ensley // Studies in Environmental Science. – 1997. – Vol. 66. – 563–572 p.
59. Telysheva, G. Use of plants to remediate soil polluted with oil [Text] / G. Telysheva, L. Jashina, G. Lebedeva, T. Dizhbite, V. Solodovnik, O. Mutere et. al. // Environment. Technology. Resources. Proceedings of the International Scientific and Practical Conference. – 2011. – Vol. 1. – 38–45 p.

60. Phillips, L. A. Field-scale assessment of weathered hydrocarbon degradation by mixed and single plant treatments [Text] / L. A. Phillips, C. W. Greer, R. E. Farrell, J. J. Germida // *Applied Soil Ecology*. – 2009. – Vol. 42, Issue 1. – 9–17 p.
61. Dakora, F. D. Root exudates as mediators of mineral acquisition in low-nutrient environments [Text] / F. D. Dakora, D. A. Phillips // *Plant and Soil*. – 2002. – Vol. 245, Issue 1. – 35–47 p.
62. Aprill, W. Evaluation of the use of prairie grasses for stimulating polycyclic aromatic hydrocarbon treatment in soil [Text] / W. Aprill, R. C. Sims // *Chemosphere*. – 1990. – Vol. 20, Issue 1-2. – 253–265 p.
63. Джура, Н. М. Перспективи фітореMediaції нафтозабруднених ґрунтів рослинами *Faba bona Medic. (Vicia faba L.)* [Текст] / Н. М. Джура // *Вісник Львівського університету. Сер. біол.* – 2011. – Вип. 57. – 117–124 с.
64. Adam, G. The effect of diesel fuel on common vetch (*Vicia sativa L.*) plants [Text] / G. Adam, H. Duncan // *Environ Geochem Health*. – 2003. – Vol. 25, Issue 1. – 123–130 p.
65. Kaimi, E. Screening of Twelve Plant Species for Phytoremediation of Petroleum Hydrocarbon-Contaminated Soil [Text] / E. Kaimi, T. Mukaidani, M. Tamaki // *Plant Production Science*. – 2007. – Vol. 10, Issue 2. – 211–218 p.
66. Архипченко, И. А. Очистка нефтезагрязненных почв с помощью биопрепаратов на основе микробных удобрений [Текст] / И. А. Архипченко, В. К. Загвоздкин, Г. Н. Ерцев // *ЭЖиП: Экология и промышленность России*. – 2004. – № 9. – 16–18 с.
67. Величко, О. Ефективність функціонування симбіотичної системи *Bradyrhizobium japonicum* – рослини сої у нафтозабрудненому ґрунті [Текст] / О. Величко // *Вісн. Львів. ун-ту. Сер. біол.* – 2012. – Вип. 58. – 150–157 с.
68. Назаров, А. В. Использование микробно-растительных ассоциаций для очистки почвы от нефтяного загрязнения [Текст] / А. В. Назаров // *Известия Самарского научного центра РАН*. – 2013. – Т. 15, № 3 (5). – 1673–1676 с.

69. Pivetz, B. E. Phytoremediation of Contaminated Soil and Ground Water at Hazardous Waste Sites [Text] / B. E. Pivetz. – EPA Ground Water Issue, EPA/540/S-01/500. – Ada, Ok, 2001. – 36 p.

70. Міронова, Н. Г. Фітомеліорація техногенних водойм Малого Полісся [Текст]: автореф. дис. ... д-ра с.-г. наук / Н. Г. Міронова; Держ. ВНЗ Нац. лісотехн. ун-т України. – Львів, 2015. – 40 с.

71. Трещевский, И. В. Почвоулучшающая роль защитных насаждений на рекультивированных землях Лебединского ГОКа Курской магнитной аномалии [Текст]: автореф. дисс. ... канд. с.-х. наук / И. В. Трещевский. – Курск, 2010. – 22 с.

72. Cook, R. L. Field Note: Successful Establishment of a Phytoremediation System at a Petroleum Hydrocarbon Contaminated Shallow Aquifer: Trends, Trials, and Tribulations [Text] / R. L. Cook, J. E. Landmeyer, B. Atkinson, J.-P. Messier, E. G. Nichols // International Journal of Phytoremediation. – 2010. – Vol. 12, Issue 7. – 716–732 p.

73. Meagher, R. B. Phytoremediation of toxic elements and organic pollutants [Text] / R. B. Meagher // Current Opinion in Plant Biology. – 2000. – Vol. 3, Issue 2. – 153–162 p.

74. Susarla, S. Phytoremediation: An ecological solution to organic chemical contamination [Text] / S. Susarla, V. F. Medina, S. C. McCutcheon // Ecological Engineering. – 2002. – Vol. 18, Issue 5. – 647–658 p.