

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

ДОПУСТИТИ ДО ЗАХИСТУ
Завідувач випускової кафедри
_____ Тамара ДУДАР
« _____ » _____ 2023 р.

КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА
(ПОЯСНЮВАЛЬНА ЗАПИСКА)

ВИПУСКНИКА ОСВІТНЬОГО СТУПЕНЯ МАГІСТРА

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

**Тема: «Порівняння ефективності фітореємедіації ґрунту забрудненого
різними типами нафтопродуктів»**

Виконавець: здобувачка групи ФЕБІТ 201-м Проскурня Оксана Іванівна
(студент, група, прізвище, ім'я, по батькові)

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

Консультант розділу «Охорона праці»: _____
(підпис)

Катерина КАЖАН
(П.І.Б.)

Нормоконтролер: _____
(підпис)

Андріан ЯВНЮК
(П.І.Б.)

КИЇВ 2023

НАЦІОНАЛЬНИЙ АВІАЦІЙНИЙ УНІВЕРСИТЕТ

Факультет екологічної безпеки, інженерії та технологій

Кафедра екології

Напрямок (спеціальність): 101 «Екологія», ОПІ «Екологія та охорона навколишнього середовища»

(шифр, найменування)

ЗАТВЕРДЖУЮ

Завідувач кафедри

_____ Тамара ДУДАР

« _____ » _____ 2023р.

ЗАВДАННЯ

на виконання дипломної роботи

Проскурні Оксани Іванівни

1. Тема роботи «Порівняння ефективності фітореMediaції ґрунту забрудненого різними типами нафтопродуктів»

затверджена наказом ректора від «10» липня 2023 р. №1096/ст.

2. Термін виконання роботи: з 02.10.2023 р. по 26.12.2023 р.

3. Вихідні дані роботи: теоретична характеристика забруднювачів та методологія проведення фітореMediaції ґрунтів, проби ґрунту, штучно забруднений трьома видами нафтопродуктів ґрунт, дані отримані в ході експерименту.

4. Зміст пояснювальної записки: аналіз проблеми забруднення ґрунтів нафтопродуктами, аналіз особливостей застосування фітореMediaційних методів для відновлення ґрунтів забруднених нафтопродуктами, експериментальне дослідження ефективності фітореMediaції ґрунту забрудненого різними типами нафтопродуктів.

5. Перелік обов'язкового графічного (ілюстративного) матеріалу: таблиці, рисунки, діаграми.

6. Календарний план-графік

№ з/п	Завдання	Термін виконання	Підпис керівника
1	Отримання теми завдання, пошук літературних джерел та законодавчої бази	02.10.2023	
2	Складання календарного плану-графіку	04.10.2023- 06.10.2023	
3	Проведення експериментального дослідження	06.10- 20.10.2023	
4	Підготовка теоретичної частини роботи (Розділ I-III)	21.10- 30.10.2023	
5	Оформлення практичної частини роботи (Розділ IV-V)	01.11- 20.11.2023	
6	Формування висновків	20.11- 30.11.2022	
7	Оформлення пояснювальної записки до попереднього представлення на кафедрі, консультація з нормоконтролером	01.12.- 14.12.2023	
8	Представлення роботи на кафедрі	15.12.2023	
9	Урахування зауважень, рекомендацій та підготовка до захисту	15.12.2023- 26.12.2023	
10	Захист кваліфікаційної роботи на кафедрі	26.12.2023	

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

Розділ	Консультант (посада, П.І.Б.)	Дата, підпис	
		Завдання видав	Завдання прийняв
Охорона праці	Доцент кафедри	06.11.23	15.12.23
	Цивільної та промислової безпеки к.т.н Катерина КАЖАН		

8. Дата видачі завдання: «02» 10 2023 р.

Керівник дипломної роботи: _____
(підпис керівника)

Лариса ЧЕРНЯК
(П.І.Б.)

Завдання прийняв до виконання: _____
(підпис випускника)

Оксана ПРОСКУРНЯ
(П.І.Б.)

РЕФЕРАТ

Пояснювальна записка до дипломної роботи «Порівняння ефективності фітореємедіації ґрунту забрудненого різними типами нафтопродуктів»: 83 с., 12 рис., 8 табл., 3 літературних джерела.

Об'єкт дослідження: ефективність фітореємедіації для ґрунтів забруднених нафтопродуктами.

Предмет дослідження– ґрунт штучно забруднений трьома видами нафтопродуктів.

Мета роботи: експериментальне визначення ефективності фітореємедіації нафтозабрудненого ґрунту.

Методи дослідження: монографічний та експериментальні методи дослідження.

Результати дипломної роботи рекомендується використовувати під час проведення наукових досліджень та в практичній діяльності фахівців-екологів.

НАВКОЛИШНЄ ПРИРОДНЕ СЕРЕДОВИЩЕ, ҐРУНТИ, ЗАБРУДЕННЯ НАФТОПРОДУКТАМИ, ФІТОРЕМЕДІАЦІЯ ҐРУНТІВ, ЕКОЛОГІЧНА БЕЗПЕКА.

ЗМІСТ

ЗМІСТ	6
ПЕРЕЛІК УМОВНИХ ПОЗНАЧЕНЬ, СКОРОЧЕНЬ, ТЕРМІНІВ.....	8
ВСТУП.....	9
РОЗДІЛ 1.ПРОБЛЕМА ЗАБРУДНЕННЯ ҐРУНТІВ НАФТОПРОДУКТАМИ.	12
1.1. Вплив забруднення нафтопродуктами на екологічний стан ґрунтів.....	12
1.2. Небезпека забруднення ґрунтів бензином.	14
1.3. Небезпека забруднення ґрунту дизельним паливом.....	15
1.4. Небезпека забруднення ґрунтів авіаційним гасом.	16
1.5. Небезпека випаровування та розливів.....	17
1.6. Висновки до розділу.	19
РОЗДІЛ 2. ФІТОРЕМЕДІАЦІЯ.	21
2.1. Особливості застосування фіторемедіаційних методів для відновлення ґрунтів забруднених нафтопродуктами.	21
2.2.Перспективність фіторемедіації як методу очищення ґрунтів.	25
2.3. Вигоди та обмеження для фіторемедіації.	29
2.4. Приклади успішного застосування методики.....	31
2.5. Морфологічні зміни рослин.....	32
2.6. Висновки до розділу.	34
РОЗДІЛ 3.35 ПОТЕНЦІАЛ ТА СПОСОБИ ФІТОРЕМЕДІАЦІЇ НАФТОЗАБРУДНЕНИХ ҐРУНТІВ (ЗЕМЕЛЬ).....	35
3.1. Проблема нафтозабруднених ґрунтів.	35
3.2. Самоочищення ґрунту від забруднення нафтопродуктами.....	38
3.3. Застосування фіторемедіаційних технологій для відновлення нафтозабруднених ґрунтів.....	40

3.4. Фітомеліорація.....	43
3.4. Висновки до розділу.....	53
РОЗДІЛ 4.54 ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНЕ ДОСЛІДЖЕННЯ ЕФЕКТИВНОСТІ ФІТОРЕМЕДАЦІЇ ГРУНТУ ЗАБРУДНЕНОГО РІЗНИМИ ТИПАМИ НАФТОПРОДУКТІВ	54
4.2. Висновки до розділу.....	68
РОЗДІЛ 5. ОХОРОНА ПРАЦІ.....	69
5.1. Загальні вимоги безпеки.....	69
5.2. Правила поводження з нафтопродуктами. Вентиляція та безпека дихання.....	70
5.3. Перша допомога та утилізація відходів.	71
5.4. Ризики та потенційні небезпеки.	72
5.5. Пожежна безпека в лабораторії при роботі з нафтопродуктами.	73
5.6. Системи безпеки та евакуаційний план.	74
5.6. Розробка інструкції при роботі з нафтопродуктами в лабораторії екологічної хімії.	75
ВИСНОВКИ.....	77
СПИСОК БІБЛІОГРАФІЧНИХ ПОСИЛАНЬ ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ....	79

ПЕРЕЛІК УМОВНИХ ПОЗНАЧЕНЬ, СКОРОЧЕНЬ, ТЕРМІНІВ

НС – навколишнє середовище;

ЗР – забруднюючі речовини;

НП – нафтопродукти;

АЗС – автозаправна станція;

ПММ – паливно-мастильні матеріали;

ВСТУП

Актуальність теми. Забруднення ґрунту нафтопродуктами є серйозною проблемою для навколишнього середовища та здоров'я людини. Нафтопродукти, такі як бензин, дизельне паливо, мастила, можуть потрапляти в ґрунт через аварії на трубопроводах, розливи нафти під час транспортування та зберігання нафти, аварійні розливи нафти на нафтопереробних підприємствах, при ремонті, обслуговуванні, експлуатації техніки та транспорту.

Постійне використання нафтопродуктів у великих кількостях призводить до серйозного забруднення ґрунтів, що загрожує якості ґрунтового покриву та рослинному світу. Це проблема, яка потребує наукових рішень та ефективних методів очищення.

Для нашої країни зараз особливо актуальною є розробка бюджетних та простих методик для відновлення деградованих внаслідок ведення військових дій земель, які постійно зазнають непоправної шкоди від забруднення важкими металами, нафтопродуктами та частинками військового обладнання.

Забруднені ґрунти мають серйозний вплив на навколишнє середовище та здоров'я людей. Дослідження ефективних методів боротьби з цією проблемою стає надзвичайно важливим для збереження біорізноманіття та здоров'я населення.

Зокрема, зараз існують різні нові технології та види рослин, які можуть бути використані для фітореMediaції..

ФітореMediaція - це процес використання рослин для очищення забруднених ґрунтів.

Порівняння ефективності фітореMediaції для різних типів нафтопродуктів допоможе визначити оптимальні стратегії для очищення ґрунту в залежності від конкретної ситуації. Дослідження в цьому напрямку можуть допомогти вдосконалити ці методи та зробити їх більш ефективними для використання на практиці.

Мета і завдання виконання кваліфікаційної роботи.

Мета роботи: експериментальне визначення ефективності фіторемедіації нафтозабрудненого ґрунту.

Завдання роботи:

1. Провести аналіз особливостей забруднення ґрунтів нафтопродуктами.
2. Дослідити характеристики трьох нафтопродуктів, які брали участь в експерименті
3. Проаналізувати методи відновлення нафто-забруднених ґрунтів.
4. Експериментальне дослідження відновлення ґрунту за допомогою фіторемедіації та при участі двох культур.

Об'єкт дослідження – ефективність фіторемедіації для ґрунтів забруднених нафтопродуктами.

Предмет дослідження – ґрунт штучно забруднений трьома видами нафтопродуктів.

Методи дослідження – Методи дослідження: монографічний та експериментальні методи дослідження

Особистий внесок випускника: проаналізовано науково-технічну літературу, експериментально досліджено ефективність фіторемедіації для ґрунтів забруднених різними видами нафтопродуктів.

Апробація отриманих результатів. Результати дипломної роботи доповідалися на:

- XVI Всеукраїнській науково-практичній конференції молодих учених і студентів «Екологічна безпека держави» (м. Київ, 29 квітня 2022 р)

Публікації:

- Л.М. Черняк, О.І. Проскурня.

Порівняння ефективності фіторемедіації ґрунту, забрудненого різними марками нафтопродуктів «Екологічна безпека та природокористування»: Збірник наукових праць випуск том 48 № 4 (м. Київ, січень 2024)

- Черняк Л.М., Проскурня О.І. Цитогенетичний моніторинг стану педосфери на території прилеглий до аеропорту: зб. тез. доп. XVI всеукр. наук.-

практ. конф., молодих учених і студентів [« Екологічна безпека держави»], м. Київ, 2022. С. 16

- Л.М. Черняк, О.М. Міхєєв, Т.І. Дмитруха, О.І. Проскурня, Томаш Манецкі.

ФітореMediaційне відновлення ґрунтів, забруднених різними видами нафтопродуктів «Екологія. Довкілля. Енергозбереження»: Збірник тез ІV Міжнародної науково-практичної конференції (м. Полтава, 7-8 грудня 2023 р.).

РОЗДІЛ 1

ПРОБЛЕМА ЗАБРУДНЕННЯ ҐРУНТІВ НАФТОПРОДУКТАМИ

1.1 Вплив забруднення нафтопродуктами на екологічний стан ґрунтів.

Розвиток сучасного суспільства і науково-технічний прогрес безпосередньо пов'язані з природокористуванням. Нафтова промисловість є найбільшим споживачем природних ресурсів, її експлуатація порушує природні екосистеми та негативно впливає на навколишнє середовище протягом усього виробничого циклу – від розвідки родовищ, видобутку та транспортування нафти до закупівлі, зберігання та споживання нафтопродуктів. Вуглеводні, потрапляючи в одну з природних сфер (повітря, воду, ґрунт), беруть участь в міграції речовин, як правило, розподіляючись у часі в кожній з них [3]. При цьому відновлення ґрунту є найскладнішим, оскільки в ньому накопичуються і стабілізуються речовини, які токсично діють на рослинність, ґрунтових тварин і угруповання мікроорганізмів, що призводить до різкого зниження або повного зниження його основної характеристики – родючості [2]. Крім того, транспортування та зберігання відходів розробки родовищ, нафтовидобутку та переробної промисловості призводить до вилучення з обігу та забруднення значних територій [7].

Забруднення нафтою та нафтопродуктами впливає на всі морфологічні, фізичні, фізико-хімічні та біологічні властивості, що визначають родючість та екологічні функції ґрунту. Ступінь цих змін залежить від клімату, ландшафту та рельєфу місцевості, типу та початкового стану ґрунту, а також складу, властивостей, кількості та тривалості впливу забруднювача. Крім того, нафта є комплексним забруднювачем, дія якого визначається кількістю, складом і властивостями органічних і неорганічних компонентів (важких металів та їх солей, сполук ртуті, сірки, урану та ін.). Після проникнення нафти і нафтопродуктів у ґрунт спостерігається процес морфоструктурних змін, що є наслідком потемніння верхніх горизонтів і нерівномірного розподілу нафти в товщі ґрунту[5].

Під впливом забруднення змінюється гранулометричний склад, який є найважливішою генетичною та агротехнічною характеристикою, що впливає на родючість ґрунту. Частинки ґрунту покриваються масляною плівкою і відбувається їх накопичення. Інтерстиціальний простір заповнений нафтопродуктами, які витісняють повітря і порушують аерацію. Створюються анаеробні умови, які посилюють регенерацію ґрунту та знижують його окислювальний потенціал, що може призвести до розвитку процесів гниття і навіть поверхневого заболочування ґрунтів [12].

На формування відновних умов також впливає збільшення вмісту органічної речовини, яка при розкладанні споживає кисень (за рахунок внесення в ґрунт компонентів нафти). Зменшення ступеня дисперсності змінює характер меж горизонтів, деякі з них можуть навіть повністю псуватися. На верхніх шарах утворюється бітумна кірка, яка перешкоджає росту рослин і просочуванню води. Гранулометричний склад визначає всі фізичні параметри ґрунту: пористість (пористість), водоемність, водопроникність, аерацію, теплоаккумуляцію і теплопровідність. Ці властивості погіршуються внаслідок накопичення частинок ґрунту під впливом нафти та заповнення більших пор [5].

Зона реалізації нафти та нафтопродуктів не обмежується територіями безпосереднього використання нафти та нафтопродуктів. На територіях, де відсутня господарська діяльність людини, такі вуглеводні можуть переноситися повітряними та водними течіями і забруднювати територію.

Джерела забруднення ґрунтів нафтою і нафтопродуктами можна поділити на локальні та комплексні. Локальне забруднення може створювати значні точкові навантаження на землю та воду, завдаючи серйозної шкоди людям та навколишньому середовищу [11].

Основні потенційні джерела забруднення включають:

- наземні транспортні засоби;
- нафтопроводи;
- зберігання масла;
- нафтова промисловість;

- нафтопереробні підприємства;
- транспорт, що перевозить нафтопродукти.

Місцеві джерела забруднення ґрунту включають наземний транспорт, нафтопереробні заводи, фабрики та нафтосховища. При цьому об'ємні викиди в ґрунт можуть бути відносно невеликими, але їх постійний рух може створити значну площу забруднення ґрунту [3].

Отже, найбільшими забрудниками ґрунту можна вважати нафтопроводи, де перекачують нафту і нафтопродукти, транспорт та обслуговуючі його підприємства.

1.2. Небезпека забруднення ґрунтів бензином

Бензин - це складна суміш вуглеводнів, яка включає в себе хімічні речовини, такі як бензол, толуен, іксилен і етілбензен. Ці компоненти володіють високою токсичністю для живих організмів. Бензол, наприклад, відомий своєю канцерогенністю та здатністю викликати серйозні захворювання у людини. Отже, забруднення ґрунту бензином може призвести до поширення цих токсичних речовин в природному середовищі [10].

Забруднення бензином має деструктивний вплив на біоту ґрунту. Мікроорганізми, які є ключовими для розкладання органічних решток та збереження родючості ґрунту, можуть бути отруєні або знищені токсинами бензину. Це може призвести до порушення ґрунтового циклу та втрати біорізноманітності [11].

Бензин може проникати глибоко в ґрунт та досягати підземних водних ресурсів. Це створює загрозу для якості питної води, оскільки токсичні речовини можуть потрапити до джерел водопостачання. Забруднені підземні води стають непридатними для споживання та використання в сільському господарстві [10].

Забруднення бензином може призвести до гіпоксії рослин, оскільки цей паливний продукт може заважати процесам дихання та фотосинтезу. Внаслідок цього рослини можуть деморфологічно змінювати свій ріст, розвиток і навіть накопичувати токсичні речовини в своїх тканинах.

Забруднення ґрунту бензином створює загрозу для здоров'я людей через

можливість накопичення токсичних сполук у рослинах, які використовуються в харчуванні. Це може призвести до впливу на якість продуктів харчування і негативно позначитися на здоров'ї тих, хто споживає такі продукти [9].

Отже, аспекти демонструють серйозну небезпеку, яку представляє забруднення ґрунту бензином, і вказують на важливість прийняття невідкладних заходів для захисту нашого довкілля та здоров'я.

1.3. Небезпека забруднення ґрунту дизельним паливом

Дизельне паливо містить хімічні компоненти, такі як ароматичні вуглеводні і поліциклічні ароматичні вуглеводні, які володіють високою токсичністю. Ці речовини можуть потрапити в ґрунт при аваріях під час транспортування або зберігання дизельного пального.

Забруднення дизелиним паливом може призвести до руйнування ґрунтового екосистеми. Мікроорганізми, які відповідають за розкладання органічних решток у ґрунті, можуть бути негативно вплинуті токсинами дизельного пального, що порушує природні процеси розкладання [3].

Забруднення дизелиним паливом може вплинути на родючість ґрунту, погіршуючи його здатність підтримувати рослини. Це може призвести до втрати врожаю та зниження якості сільськогосподарських ділянок.

Дизельне паливо може проникати в глибокі шари ґрунту та стати загрозою для підземних водних ресурсів. Це створює ризик забруднення підземних вод, що використовуються для пиття та сільськогосподарського використання [4].

Забруднення ґрунту дизелиним паливом може мати негативний вплив на здоров'я людини через можливе накопичення токсичних сполук у рослинах та продуктах харчування. Це може призвести до потенційних загроз для здоров'я тих, хто споживає такі продукти.

Забруднення дизелиним паливом також має негативний вплив на природні екосистеми та біорізноманітність, призводячи до втрати видового різноманіття та загрози екологічній рівновазі [5].

Отже, аспекти підкреслюють небезпеку, яку представляє забруднення ґрунту дизелиним паливом. Зрозуміння цих ризиків важливо для розробки та впровадження ефективних заходів для запобігання такому забрудненню та збереження природних ресурсів та здоров'я нашого середовища та спільноти.

1.4. Небезпека забруднення ґрунтів авіаційним гасом

Авіаційний гас є складною сумішшю різних вуглеводнів, включаючи керозини, масла та інші компоненти. Серед них є токсичні речовини, такі як бензоли та поліциклічні ароматичні вуглеводні, які можуть мати негативний вплив на біоту та людей, що проживають в зоні забруднення.

Забруднення ґрунту авіаційним гасом може відбуватися через різні шляхи, включаючи витіки під час транспортування, аварії на паливних складах, а також незаконні скиди та недоліки в системах зберігання. Існує також можливість переносу через атмосферу та опади, що можуть розносити токсичні компоненти авіаційного гасу [6].

Забруднення авіаційним гасом може призвести до серйозних наслідків для ґрунтової біоти. Мікроорганізми, які забезпечують розкладання органічних решток та підтримують родючість ґрунту, можуть бути токсичними речовинами в гасі, внаслідок чого порушуються екологічні процеси розкладання [6].

Забруднення авіаційним гасом може також вплинути на родючість ґрунту. Втрати родючості можуть призвести до погіршення якості ґрунту для сільськогосподарських цілей, зниження врожаю та загрози продовольчій безпеці.

Забруднення ґрунту авіаційним гасом може створювати загрозу для здоров'я людини через можливе накопичення токсичних сполук у продуктах харчування та воді. Це може викликати серйозні захворювання та вплинути на якість життя мешканців забруднених територій.

Для зменшення небезпеки забруднення ґрунту авіаційним гасом необхідно вживати заходи для запобігання, такі як покращення технологій зберігання і транспортування пального та строгий контроль над викидами. Додатково, розвивати

та впроваджувати методи очищення та відновлення забруднених ґрунтів [7].

У підсумку, забруднення ґрунту авіаційним гасом має серйозні наслідки для довкілля, природи та здоров'я людини. Подолання цієї проблеми вимагає спільних зусиль громадян, підприємств та урядів, щоб зберегти наше природне середовище та забезпечити безпеку для наступних поколінь.

1.5. Небезпека випаровування та розливів

Нафтопродукти, такі як бензин, дизельне пальне та мастила, є важливими компонентами нашого сучасного світу, але вони також приховують велику небезпеку для навколишнього середовища та здоров'я людей через можливість випаровування та розливів.

Випаровування нафтопродуктів - це процес, при якому леткі компоненти нафти переходять у газоподібний стан і потрапляють в атмосферу. Цей процес відбувається під час зберігання, транспортування та розливу нафтопродуктів. Основними компонентами випаровування є бензол, толуол, ксілен та інші леткі органічні сполуки [6].

Важливою небезпекою випаровування є його вплив на якість повітря та здоров'я людини. Бензол, наприклад, є важливим складовим випаровувань і відомий своєю токсичністю. Інгаляція цих речовин може призвести до різних захворювань, включаючи респіраторні проблеми, головні болі та подразнення очей.

Випаровування – один із фізичних процесів, що визначають поведінку нафти у ґрунті в початковий період після її розливу. У перші тижні після забруднення ґрунту відбуваються переважно фізичні процеси міграції й розсіювання вуглеводнів нафти в результаті випаровування й вилуговування [7].

Швидкість вивітрювання залежить від властивостей середовища, погодних умов та складу нафти. При випаровуванні нафти зростає в'язкість залишкової частини, і сповільнюється міграція, збільшується кількість вуглеводнів з довжиною ланцюга більше ніж C₁₀, ароматичних і циклічних вуглеводнів, оскільки випаровуються переважно низькомолекулярні вуглеводні. У результаті видалення

найтоксичніших легких вуглеводнів зменшується токсичний вплив залишкової суміші на мікроорганізми- деструктори, що полегшує мікробіологічну деградацію, але підвищується частка компонентів, менш летких і розчинних, тобто стійкіших до розкладання. Важкі фракції нафти можуть виводитись з ґрунту десятками років.

Значний вплив на процеси випаровування нафти з ґрунту має не лише температура, а й тип ґрунту та рівень забруднення [8].

Це помітно вже з перших діб впливу абіотичних чинників на нафтозабруднені ґрунти. Так, при забрудненні ґрунту нафтою в кількості 10 % на 8 добу кількість залишкової нафти у нафтозабрудненому чорноземному становила 8,90 %, а у дерново-підзолистому ґрунті лише – 6,97 %. Причому швидкість випаровування нафти з більш забруднених ґрунтів є вищою, ніж з менш забруднених [8].

Проведеними дослідженнями встановлено, що починаючи з 45 доби інтенсивне випаровування нафти припиняється, і це може вказувати на те, що леткі сполуки вже вивітрилися, а у ґрунті залишилися важка фракція, смоли, асфальтени тощо. Тому, наступний етап деградації нафти належить біотичним чинникам (мікроорганізмам, рослинам), які здатні розкладати більш важкі компоненти нафти [7].

Показано, що в процесі природного випаровування нафти з ґрунту не тільки знижується її вміст, але й зменшується фітотоксичність нафтозабрудненого ґрунту.

Оскільки в природних умовах потрапляння нафти у ґрунт відбувається при певній природній вологості (~ 20 %), то важливим було дослідити також випаровування нафти з вологого ґрунту. Нами встановлено, що при потраплянні нафти (10 %) у вологий ґрунт (20 % вологості) відбувається інтенсивне випаровування води разом із нафтою протягом перших 10 діб [11].

Розливи нафтопродуктів, незалежно від їхнього масштабу, можуть мати серйозні наслідки для довкілля та здоров'я. Природні та штучні водойми можуть стати жертвами розливів, і це призводить до забруднення води токсичними речовинами, які потрапляють в екосистеми [2].

Забруднення води може призвести до вимирання рослин та тварин, які залежать від цих водойм. Крім того, нафтопродукти можуть накопичуватися у

водних організмах, що стає загрозою для здоров'я людини через можливість накопичення токсинів у продуктах харчування.

Заходи для запобігання та управління ризиками:

- Вдосконалювати технології зберігання та транспортування нафтопродуктів, включаючи використання спеціальних резервуарів та обладнання для зменшення випаровувань.

- Розробляти та впроваджувати стратегії для аварійного відновлення та ліквідації розливів нафтопродуктів.

- Проводити регулярні навчання та тренування для персоналу, який працює з нафтопродуктами, щоб забезпечити вміння діяти в надзвичайних ситуаціях [2].

Усі ці заходи спрямовані на зменшення ризику небезпеки випаровування та розливів нафтопродуктів та мають на меті збереження нашого природного середовища та здоров'я людей. При цьому важливо пам'ятати, що запобігання завжди ефективніше, ніж реагування на наслідки небезпеки.

1.6. Висновки до розділу

Забруднення ґрунтів нафтопродуктами є серйозною екологічною проблемою, яка може мати негативні наслідки для навколишнього середовища та здоров'я людини. Особливості забруднення ґрунтів різними видами нафтопродуктів, такими як бензин, дизельне паливо та авіаційний гас, вимагають уваги через їхні відмінності в хімічному складі та фізичних властивостях.

Бензин, який містить легкі вуглеводні, може швидко проникати в глибокі шари ґрунту, викликаючи хімічні зміни та забруднення ґрунтових вод. Його випаровування може призвести до небезпечних концентрацій у повітрі, що загрожує пожежою та здоров'ю людей.

Дизельне паливо, більш в'язке і менш летюче, може залишатися в верхніх шарах ґрунту, утворюючи плівку, яка гальмує процеси аеробного розкладу

органічних речовин. Це може мати важливі наслідки для рослинності та мікроорганізмів ґрунту, порушуючи екосистему.

Авіаційний газ, що використовується в літаках, містить різні хімічні компоненти, включаючи токсичні речовини. Його розливи можуть призводити до серйозного забруднення, а випаровування може спричинити виникнення шкідливих атмосферних сполук.

Небезпека розлиття та випаровування нафтопродуктів полягає у їхній токсичності, здатності викликати пожежі та викиди шкідливих речовин у повітря, призводить до забруднення води та ґрунту. Вплив на здоров'я людей включає ризик отруєння, дихальних захворювань та інших проблем.

Необхідно постійно розробляти та вдосконалювати заходи для управління та запобігання забрудненню ґрунтів нафтопродуктами, що включає строгі нормативи щодо зберігання та транспортування, використання технологій очищення та реабілітації ґрунтів, а також освіту та свідоме відношення до екології у суспільстві.

Охорона навколишнього середовища та збереження ґрунтового покриву вимагають спільних зусиль для забезпечення сталого розвитку та збереження природних ресурсів.

РОЗДІЛ 2

ФІТОРЕМЕДІАЦІЯ

2.1. Особливості застосування фіторемедіаційних методів для відновлення ґрунтів забруднених нафтопродуктами

Фіторемедіація забруднених нафтопродуктами ґрунтів — метод очищення забрудненого навколишнього середовища за допомогою рослин. Цей процес заснований на здатності деяких рослин витягувати, метаболізувати або розкласти нафтопродукти, які забруднюють ґрунт.

Деякі рослини мають здатність ефективно використовувати нафтопродукти як джерело вуглецю та енергії або активно розщеплювати їх за допомогою фітодеградаційних характеристик.

Фіторемедіація є природним та екологічно безпечним методом, який можна використовувати як у невеликих масштабах (наприклад, відновлення саду), так і на великих промислових майданчиках, де відбуваються розливи нафти [3].

Першим кроком у фіторемедіації ґрунту є вибір відповідних рослин, здатних витягувати та розкласти нафтопродукти. Окремі види рослин, такі як верба, пасльон, гірчиця, імбир та інші, відомі фітоекстракцією (видаленням з ґрунту нафтопродуктів) і фітодеградацією (розщепленням нафтопродуктів до нешкідливих сполук) [8].

Заражений ґрунт необхідно підготувати перед посадкою. Це може включати аерацію, лабораторне дослідження ґрунту для визначення ступеня та характеристик забруднювачів, а також застосування відповідних поживних речовин і регуляторів рН для сприяння росту рослин [7].

На забруднений ґрунт висаджують відібрані для фіторемедіації рослини. Щоб забезпечити максимальну фітоекстракцію та фітодеградацію нафтопродуктів, важливо враховувати оптимальну густоту посадки та умови вирощування.

У процесі фіторемедіації необхідно систематично спостерігати за забрудненою

територією та при необхідності проводити корекцію для визначення ефективності процесу. Оцінка включає концентрацію нафтопродуктів у ґрунті та рослинах, фізико-хімічні властивості ґрунту, біорізноманіття тощо, включаючи аналіз якісних та кількісних параметрів [1].

Основними перевагами фіторемедіації забрудненого нафтою ґрунту є:

- Фіторемедіація використовує біологічні процеси рослин і мікроорганізмів для відновлення ґрунтів. Це менш інвазивний метод, ніж традиційні фізичні та хімічні методи очищення.

- Рослини є відновлюваним ресурсом, тобто їх можна вирощувати знову і знову для повторного використання у фіторемедіації. Це дозволяє ефективно очищати великі площі забрудненого ґрунту.

- Фіторемедіація може бути економічно ефективним способом очищення забрудненого ґрунту порівняно з іншими технологіями. Це може бути менш дорогим і доступнішим рішенням, особливо в масштабах великих забруднених ділянок.

- Фіторемедіація ґрунту нафтопродуктами використовує природні процеси та екосистеми для очищення. Цей метод сприяє збереженню біорізноманіття та екологічної стійкості [6].

Важливо відзначити, що фіторемедіація забруднених нафтою ґрунтів може бути тривалим процесом і вимагає систематичного моніторингу та втручання. Час, необхідний для повної рекультивації забрудненого ґрунту, залежить від різних факторів, включаючи тип забруднювача, його концентрацію, тип ґрунту, кліматичні умови та ефективність вибраних видів рослин [2].

Фіторемедіація забруднених нафтою ґрунтів є перспективним підходом до відновлення забрудненого середовища. Він поєднує природні процеси, які взаємодіють між рослинами, мікроорганізмами та ґрунтом для досягнення ефективного лікування. Продовження досліджень у цій галузі та розробка нових технологій може допомогти ще більше оптимізувати фіторемедіацію та розширити її застосування в практичних ситуаціях [4].

Незважаючи на свої переваги, фіторемедіація також має певні обмеження та вимагає ретельного планування та врахування таких факторів, як тип

нафтопродуктів, тип ґрунту, кліматичні умови та вибір відповідних рослин. Також можуть бути часові обмеження, особливо коли рослини обмежені в здатності фітodeградувати нафтопродукти [5].

Одним із сучасних методів біологічного очищення нафтозабрудненого ґрунту є біоремедіація, заснована на використанні мікроорганізмів, що руйнують нафту і нафтопродукти, та їх рекомбінантних штамів, а також комбінацій мікроорганізмів, деструктивних організмів, біоповітряно-активних речовин (ПАР). здатні емульгувати вуглеводневі масла мікробного походження). Існує два основних підходи до біоремедіації: біостимуляція та біоаугментація [4, 5]. Біостимуляція, заснована на активізації наявної мікрофлори в навколишньому середовищі, використовується там, де природний мікробіоценоз зберігає свою життєздатність і характеризується достатньою специфічною різноманітністю. Активація мікрофлори здійснюється шляхом створення оптимального середовища для розвитку окремих груп маслоруйнівних мікроорганізмів. У цей час під час лабораторних досліджень проб ґрунту, забрудненого нафтою та нафтопродуктами, визначається, які добрива та в якій кількості необхідно внести, щоб стимулювати ріст мікроорганізмів, здатних елімінувати забруднювач [6-8]. Відомо, що нафтозабруднені ґрунти характеризуються дефіцитом азоту, фосфору, мікроелементів і містять незначну кількість води та кисню [9, 10]. У мікроорганізмів без окремих елементів окислювальна активність вуглеводнів різко знижується, що призводить до припинення процесу біоремедіації [11]. Покращення повітряного, водного і поживного режиму ґрунту досягається оранкою, розпушуванням, внесенням поживних і поглинаючих речовин. Відомо, що механічна обробка ґрунту стимулює мікробіологічну та ферментативну активність, сприяє перерозподілу вуглецю, азоту та води, що призводить до зниження концентрації вуглеводнів у ґрунті за рахунок випаровування летких фракцій [12, 13]. В якості поживних речовин рекомендуються досить різноманітні субстрати: мінеральні та органічні добрива [14, 15], соломи та тирси, пептонної води, відходів виробництва дріжджів, біогумусу, сидератів, білково-вітамінного концентрату, гною [16], пташиного посліду з додаванням торфу [17] тощо спричиняє значне зниження загальної кількості вуглеводнів за рахунок

прискороного росту мікробної популяції. За даними Р. Бупаті [4], визначальними факторами при проведенні біоремедіації є вологість і температура ґрунту. Оптимізація водного режиму ґрунту забезпечується закачуванням підземних вод для усунення затоплення ґрунту або, навпаки, використанням зрошувальних систем для запобігання пересихання, а також використанням поліетиленової плівки для підтримки необхідної рівень вологості [18]. У регіонах з холодним кліматом пропонується накривати забруднені території поліетиленовою плівкою темного кольору [18] або використовувати пароінжекційні пристрої [19]. У численних публікаціях [20, 21] показано перспективність біоаугментації, яка полягає у додаванні до забрудненого ґрунту великої кількості специфічних мікроорганізмів, попередньо виділених із різних забруднюючих речовин або генетично модифікованих [22]. Вибирається мікроорганізм, який найбільш ефективно нейтралізує цей забруднювач [23]. При виборі мікроорганізмів, що руйнують вуглеводні, вводити в навколишнє середовище враховують здатність мікроорганізмів розвиватися в загальному вуглеводневому субстраті та їх стійкість до токсичної дії вуглеводнів [24, 25]. Один мікроорганізм не може володіти всіма ферментами, необхідними для біодеградації нафти, яка, по суті, є багатоконпонентною сумішшю. Тому в більшості випадків пропонується використовувати кілька штамів, які відрізняються за спектром споживаних субстратів і здатні викликати повну деструкцію нафти [26]. В умовах природного мікробіоценозу спостерігається одночасне поглинання різних фракцій нафти різними групами мікроорганізмів [27]. *Pseudomonas*, *Rhodococcus*, *Mycobacterium*, *Arthrobacter*, *Achromobacter*, *Acinetobacter*, *Alcaligenes* *Bacillus*, *Brevibacterium*, *Citrobacter*, *Clostridium*, *Corynebacterium*, *Desulobacteriace*, *Serbacteria*, *Spilfovibrio*a, вуглеводнеокислюючі бактерії, що належать до роду *Serbest. yces*, *Thiobacillus* широко поширений у ґрунті [14, 28]. При спільному використанні кількох деструктивних штамів у консорціумі ефект їх нафтоутилізації зростає [29]. Таким чином, культура або добре підібрана суміш штамів мікроорганізмів за сприятливих умов навколишнього середовища: оптимальної температури, солоності, рН, достатньої аерації, надходження мінеральних поживних речовин може використовувати нафтові вуглеводні.

2.2.Перспективність фітореємедіації як методу очищення ґрунтів

Фітореємедіація - використання рослин очищення ґрунту та підземних вод від забруднюючих речовин: важких металів, радіонуклідів, вуглеводнів та інших шкідливих сполук. Перевагами фітореємедіації порівняно з традиційними технологіями реємедіації є відсутність або мала кількість утворених вторинних відходів, мінімальне порушення природних екосистем; можливість застосовувати як дрібні, а також на великих площах; естетичність, відносна простота виконання, доступність. Крім того, вирощування рослин покращує властивості ґрунту та запобігає ерозії. Економічна ефективність фітореємедіації є вагомим аргументом на користь цієї технології. Причина, по якій вони відносно недорогі, полягає в тому, що установки є природними установками для очищення ґрунту, що живляться від сонячної енергії [8].

За оцінками американських експертів, фітореємедіація однієї тонни забрудненого ґрунту коштує 10-35 доларів, біореємедіація на місці – 50-150 доларів, промивка ґрунту – 80-200 доларів, видалення розчинників – 360-440 доларів, кремація – 200 доларів. 1500 доларів [20].

Фітореємедіація спочатку була розроблена як метод очищення для видалення забруднення важкими металами. Певні види рослин виявилися нездатними

не тільки протистоїть його присутності, але також поглинає і накопичує значні кількості іонів свинцю, ртуті, цинку або інших токсичних металів [17].

Іншим напрямком, перспективність якого вже доведена та має великий потенціал для розвитку, є очищення вуглеводневих забруднень (нафти та нафтопродуктів) за допомогою рослин.

Сучасні фітореємедіаційні технології можуть базуватися на різних методологічних підходах: фітостабілізація, фітодеградація, фітовипарювання, ризодеградація та інші [6].

Очищення вважається ефективним, коли рослина поєднує фітовипарювання та фітодеградацію. Тоді в повітря потрапляють лише безпечні продукти, отримані в

результаті розкладання нафтопродуктів.

Коли забруднюючі вуглеводні розщеплюються не безпосередньо самою рослиною, а мікроорганізмами, що живуть біля кореня, тобто в ризосфері, особливе місце займає ризодеградаційна здатність рослин. Повідомляється, що коріння діють як поверхневі сполучні речовини для мікроорганізмів і збільшують концентрацію органічної речовини в ризосфері [7].

Так, завдяки корінню органічні аніони, цукри, вітаміни, амінокислоти, пурини, нуклеозиди, ферменти та ін. складна суміш. потрапляє в ґрунт через рослинні виділення.

Сьогодні проблема фітореMediaції територій, забруднених вуглеводнями, вирішується багатьма дослідниками. Багато з них пропонують замість злаків використовувати трави. Повідомляється, що основною перевагою трав є їхня велика мичкувата коренева система, яка має велику площу кореневої поверхні порівняно з іншими видами та може проникати в ґрунт на глибину до 3 м [9].

Позитивна дія багаторічних трав пояснюється тим, що вони сприяють поліпшенню газоповітряного режиму ґрунту, забрудненого розвиненою кореневою системою, збагачуючи його біологічно активними сполуками, які виділяються кореневою системою в процесі їх життєдіяльності. Все це стимулює ріст мікроорганізмів і, отже, покращує розкладання нафти та нафтопродуктів [10].

Багато досліджень показують, що бобові (Fabaceae) є стійкими до забруднення нафтою через їхню здатність фіксувати атмосферний азот, забезпечуючи таким чином джерело мінеральних поживних речовин у забруднених нафтою ґрунтах. До інших факторів стабільності відносять властивості симбіотичних мікроорганізмів *Rhizobium legume*, та їх азотфіксуючу здатність розщеплювати вуглеводневі нафти. Зокрема, встановлено, що *Vicia faba L.* підвищує ступінь очищення ґрунтів у зонах середнього та високого нафтового забруднення, знижує їх фітотоксичність та забезпечує ріст і розвиток трав протягом одного вегетаційного періоду після посіву, без додаткового застосування мікробіологічних засобів. агентів. препарати, органічні або мінеральні добрива. Метод дозволяє очистити до 65,7% ґрунтів, сильно забруднених нафтою (105 г/кг) [13].

Позитивні результати використання бобових і злакових культур підтверджено багатьма зарубіжними дослідниками. Було показано, що в корневих ексудатах злаків переважають органічні кислоти, тоді як кореневі ексудати бобових багаті на амінокислоти та інші органічні сполуки, включаючи симбіотично фіксований азот. Також було показано, що коріння деяких бобових, злакових і бобових культур виділяє достатню кількість оксидоредуктази для активної участі в розкладанні органічної речовини ґрунту. Рослини, які використовувалися для рекультивації ґрунтів, забруднених нафтовими вуглеводнями, стимулювали активність дегідрогеназ і пероксидаз, ґрунтових ферментів, які беруть участь у детоксикації та деградації забруднюючих речовин. Таким чином, конюшина суттєво стимулювала активність дегідрогеназ і пероксидаз у ґрунтах, забруднених дизельним паливом [15].

Зарубіжні вчені досліджували здатність різних однорічних і багаторічних рослин рости на торф'яному субстраті, штучно забрудненому нафтопродуктами (1-5%), і встановили, що досліджувані однорічні рослини розміщувалися наступним чином залежно від їх стійкості до нафти. забруднення. . : кукурудза> овес> люпин> квасоля> гірчиця [12].

Часто деякі дослідники пропонують покращувати та прискорювати ефект фіторемедіації шляхом застосування мінеральних добрив до забруднених вуглеводнями ґрунтів або шляхом інокуляції рослин бактеріями або шляхом посадки дорослих рослин, які, як вони стверджують, мають більшу маслостійкість, ніж розсада [6].

Вважається, що рослини, призначені для фіторемедіації, повинні бути адаптовані до кліматичних і ґрунтових умов забруднених територій і повинні переносити стресові умови. Загалом фіторемедіація повинна проводитися з використанням місцевих рослин, особливо тих, що ростуть на забруднених територіях, а не чужорідних або генетично модифікованих видів [3].

Методи фіторемедіації з використанням вищевказаних рослин практичні при обробці рівних, відносно невеликих ділянок або слабо забруднених, добре дренованих ґрунтів.

Однак вони не дуже придатні для обробки деградованих нафтовидобувних ґрунтів, які складаються з збіднених порід різного зернового складу, засолені пластовими водами, мають пухкий, порізаний і хвилястий рельєф [12].

Найпоширенішим методом фіторемедіації та кар'єрної фіторемедіації є лісовідновлення. Деревні породи завдяки потужній і розгалуженій кореневій системі здатні вилучати розсіяні в товщі літосфери елементи мінерального живлення і збирати їх на поверхні. На відміну від трав'янистих рослин, багаторічні дерева і чагарники концентрують і довго зберігають поживні речовини в дереві, створюючи велику масу «живої речовини». Продуктивність лісів меншою мірою залежить від родючості ґрунту, ніж сільськогосподарських культур і трав, оскільки ліси часто займають непридатні для росту території, а також ростуть на кам'янистих ґрунтах і різноманітних несприятливих екологічних умовах [12].

В ідеалі необхідно впорядкувати схили та нанести на всю поверхню захисний шар із сипучих порід і шар родючого ґрунту для фіторемедіації звалищ. Однак це не завжди економічно доцільно, тому на практиці останнім часом застосовуються технології «прямої фіторемедіації», під час яких стійкі та невибагливі культури висаджують безпосередньо на субстрат звалищ, сприяючи їх росту протягом обмеженого часу. формування чистого шару ґрунту [9].

Дослідження стану та росту рослин підтверджують перспективність окремих видів для біологічного знезараження та валоризації сміттєзвалищ. Основна увага приділяється родючості ґрунту та посухостійкості, попит менший.

Тому доцільно віддавати перевагу швидкорослим видам, що розмножуються кореневим шляхом, і видам, здатним змінювати токсичну частину забруднювачів симбіотичними мікроорганізмами, перетворюючи їх у менш рухливу та менш активну форму [3].

Відомі способи використання оброблених деревних і чагарникових насаджень для створення штучних ландшафтів і шахтних відвалів [5].

Для нафтового забруднення також можуть бути використані види рослин дерев і кущів. Ми знаємо, що стійкість рослин до забруднення нафтою сильно залежить від їх стадії розвитку та біомаси. Найбільш стійкі до токсичної дії багаторічні

дорослі рослини Проте дослідження щодо використання дерев і кущів для фіторемедіації забруднених нафтою ґрунтів практично відсутні. Є лише поодинокі дані про ріст тополі та верби в умовах нафтового забруднення. Використання актиноризних рослин – рослин, здатних встановлювати симбіоз з азотфіксуючими актинобактеріями – абсолютно нове і ще недостатньо вивчене [7].

Зокрема, асоціація *Frankia-Alnus* широко вивчається для фіторемедіації ґрунтів, забруднених нафтою, в тому числі нафтопродуктами. Тому використання порід дерев для фіторемедіації забруднених нафтою ґрунтів становить особливий інтерес.

Обліпиха (*Hippophae rhamnoides L.*) показала ефективність для рекультивації забруднених нафтою ґрунтів, є багаторічною рослиною, яка швидко росте, тіньовитривала, ґрунтостійка, самопідтримувана. є джерелом мінерального живлення завдяки симбіозу кореневої системи з азотфіксаторами. Встановлено, що рослина стійка до несприятливих умов забруднених нафтою штучних ґрунтів, приживається там на 100% та значно прискорює процес біодеградації нафти [13].

Завдяки поверхневій кореневій системі рослини, добре розвиненим шнуроподібним кореням, які дають кореневі відростки, рослина успішно поширюється на сусідні ділянки, тим самим осушуючи забруднений ґрунт покращує його водно-повітряні властивості, сприяє швидкому формуванню щільного ґрунтового покриву, накопиченню біомаси, утворенню гумусу та подовжує дію фітомеліорації.

2.3. Вигоди та обмеження для фіторемедіації

Фіторемедіація - це інноваційний метод очищення забруднених ділянок, який використовує рослини для видалення токсичних забруднень з ґрунту та водойм. Цей підхід має свої вигоди та обмеження, які важливо враховувати при його використанні.

Вигоди фіторемедіації:

1. Екологічна безпека: Фіторемедіація використовує природний механізм

очищення, що робить його екологічно безпечним для навколишнього середовища. Вона не вимагає використання хімічних реагентів, що може зменшити ризик забруднення нових речовин.

2. Економічна вигода: Фіторемедіація може бути менш витратнодоцінною альтернативою іншим методам очищення ґрунту, особливо на великих ділянках забруднення. Рослини, які використовуються в процесі, часто є вартісними культурами, що можуть бути використані після очищення для вирощування продуктів.

3. Відновлення природи: Фіторемедіація дозволяє відновити природний баланс на забруднених ділянках. Рослини не лише видаляють забруднення, але й сприяють відновленню біорізноманітності та екосистем.

4. Можливість застосування на різних типах ґрунтів: Фіторемедіація може бути успішною на різних типах ґрунтів та в різних кліматичних умовах, що робить її універсальним методом.

5. Зменшення ризику розповсюдження забруднень: Фіторемедіація може допомогти зменшити ризик розповсюдження забруднень на інші ділянки через накопичення забруднень рослинами.

Обмеження фіторемедіації:

1. Часові рамки: Фіторемедіація може бути тривалим процесом і вимагає часу для того, щоб рослини накопичили забруднення та відновили ґрунт.

2. Вибір рослин: Важливо правильно вибирати види рослин для фіторемедіації, оскільки не всі вони є підходящими для всіх видів забруднень та умов.

3. Кількість рослин: Залежно від масштабу забруднення, може знадобитися велика кількість рослин для ефективного очищення, що може бути витратнодоцінною операцією.

4. Можливий ризик втрати забруднень в атмосферу: Під час фіторемедіації рослини акумулюють забруднення, і в деяких випадках це може призвести до ризику втрати цих забруднень в атмосферу через процеси випаровування.

5. Потреба в моніторингу: Фіторемедіація вимагає систематичного

моніторингу для визначення ефективності та вчасного втручання у випадку несприятливого розвитку подій [6].

Одним із шляхів поліпшення екологічної ситуації в районі техногенних забруднених територій є фітореMediaція. Проте слід підібрати найбільш ефективні та економічно виправдані технології відновлення ґрунтів та покращення стану довкілля.

Отже, фітореMediaція є перспективним методом для відновлення забруднених ґрунтів, який має багато переваг, таких як екологічна безпека та економічна вигода. Проте, важливо враховувати обмеження цього підходу та ретельно планувати та моніторити процес для досягнення найкращих результатів у відновленні довкілля.

2.4. Приклади успішного застосування методики

Успішне застосування методики фітореMediaції деякими країнами для очищення нафтозабруднених ґрунтів демонструє важливість цього методу для екологічного відновлення їх якості.

Одним із перших успішних застосувань даної технології відбулося при очищенні ґрунту в районі постійного розливу нафти, Нігерія: У Нігерії існують райони з постійними розливами нафти, що серйозно забруднюють ґрунт та водойми. У цих районах було впроваджено фітореMediaційні програми, в яких використовувалися місцеві види рослин, такі як соняшник та кукурудза. Ці рослини накопичували нафту та її продукти в коренях та стеблах, що допомогло очистити ґрунт [20].

Також успішним було відновлення нафтозабруднених ділянок в Алясці: Після аварії нафтового танкера Exxon Valdez в 1989 році, нафта розлилася на узбережжя Аляски. Для відновлення забруднених ділянок були використані рослини, які мали здатність очищати ґрунт від нафти. Цей процес допоміг відновити екосистему та підтримати природний баланс [20].

Очищення ґрунту після аварії нафтопроводу Deepwater Horizon, США: Аварія нафтопроводу Deepwater Horizon в 2010 році призвела до вилливу великої кількості

нафти у Мексиканську затоку. Для очищення нафтозабрудненого ґрунту використовувалися рослини, такі як вільха, яка мала здатність витягувати нафту з ґрунту через свої коріння [8].

Відновлення нафтозабруднених ділянок в Норвегії: У Норвегії метод фіторемедіації був використаний для відновлення ділянок, забруднених нафтопродуктами внаслідок видобутку нафти та газу. Рослини, такі як горицвіт, були використані для видалення нафти з ґрунту [20].

Ці приклади свідчать про успішність фіторемедіації як методу очищення нафтозабруднених ґрунтів. Важливо враховувати тип забруднення, місцеві умови та вибирати підходящі види рослин для досягнення найкращих результатів у відновленні довкілля.

2.5. Морфологічні зміни рослин

Рослини є важливою складовою біогеоценозу і істотно впливають на інші його компоненти, беруть участь у формуванні ґрунтового покриву, впливають на хімічний склад і родючість ґрунту, а також на існування всіх живих організмів, реагуючи на всі зовнішні фактори. Рослини чутливі до зовнішніх умов. При досить високій концентрації забруднювачів багато з них пошкоджують листя, а при збільшенні кількості забруднювача можливе значне пошкодження рослини за короткий час. В результаті некрозу (омертвіння тканин) її окружність змінюється з сірої на коричневу, а в процесі старіння може втратити колір або вигоріти. Хронічне ураження рослин виникає внаслідок дії малих концентрацій речовин протягом тривалого часу. Ознаками хронічного ураження є бронзове забарвлення листя, хлороз (зміна кольору), передчасне старіння. Крім того, рослини здатні поглинати певні забруднювачі в надмірно великих кількостях, тобто процеси накопичення або концентрації в них відбуваються інтенсивніше, ніж у навколишньому середовищі [5].

Для характеристики мутагенів важливий той факт, що в переважній більшості випадків вони також є канцерогенними. Це пов'язало проблему мутацій (мутації

ДНК у гаметах і соматичних клітинах) з проблемами злоякісності (наслідки специфічних змін ДНК у соматичних клітинах) [4].

Для рослин дія токсикантів особливо помітна, на листках з'являються бурі плями, вони жовтіють, а потім опадають. Важкі метали викликають інтерстиціальний хлороз в середині літа з подальшим почервонінням листя на деревах, що ростуть поблизу джерела. Вони вражають практично всі рослини. Наприклад, особливо чутлива до ртуті троянда, листя якої покривається бурими плямами, жовтіє, а потім опадає, молоді бутони буріють і опадають [1].

Типова реакція, яка свідчить про те, що рослина піддавалася хімічному впливу, - інтерстиціальний і крайовий хлороз з наступним некрозом, який проявляється зміною кольору від жовтого, коричневого, червоного до чорного. Межі некротичних ділянок можуть бути від білого до кремового кольору. Ознаками ураження є поява плям від червонувато-коричневого до чорного кольору, а також плямистість листя, причому плями облямовані смугою білого або кремового кольору [2].

Дія пропілену, що входить до складу паливних речовин, на рослину подібна до дії етилену, але зумовлена більшою концентрацією. Пропілен пригнічує цвітіння хризантем, уповільнює вертикальне зростання, але стимулює появу листя. Рослини, уражені пропіленом, мають менші, але товщі листя, некроз кінчиків голок і кров'янисті виділення. Етилен (C_2H_4) є природним рослинним гормоном, який утворюється при пошкодженні рослин різними забруднювачами повітря. Впливає на процеси цвітіння, дозрівання плодів, старіння і опадання. Етилен також присутній у вихлопах транспортних засобів і є забруднювачем. Симптоми ураження рослин етиленом включають погіршення індикації та біоаналізу забруднених ділянок, зростання, передчасне старіння та опадання листя, зменшення цвітіння, передчасне розпускання бруньок, повільне цвітіння, скручування, зміна кольору листя з білого на коричневий, починаючи з верхівки. лист до низу. Прозора темно-коричнева смужка відділяє мертву тканину рослини від живої. Хвойні мають голки з «обпаленими» краями або «обпаленими» повністю. Особливістю забруднювачів є їх здатність накопичуватися в листках, особливо на краях і верхівках. Аналіз тканин листя використовується для оцінки ступеня ураження рослин [3].

2.6. Висновки до розділу

ФітореMediaційні методи виявляються ефективними для відновлення ґрунтів, забруднених нафтопродуктами, і стають перспективним рішенням для екологічних проблем. Особливість цих методів полягає в використанні рослин для очищення середовища від забруднюючих речовин.

ФітореMediaція забезпечується за участю спеціальних видів рослин, які мають здатність накопичувати, метаболізувати та розкласти нафтопродукти. Ці рослини, відомі як фітоекстрактори, активно взаємодіють з забрудненим ґрунтом, а їхні корені вбирають нафтопродукти, сприяючи їхньому знищенню або конвертації в менш токсичні сполуки.

Однією з переваг фітореMediaції є її природність та відсутність необхідності використання хімічних реагентів, що часто використовуються в інших методах очищення. Це сприяє зменшенню вторинного забруднення та допомагає зберегти біорізноманіття.

Перспективність фітореMediaції визначається її ефективністю в боротьбі з різноманітними видами нафтопродуктів та здатністю адаптуватися до різних умов середовища та низькою вартістю, що робить цю методику доступною для використання та різнопланових досліджень. Цей метод може бути успішно використаний як для локальних, так і для обширних забруднень, забезпечуючи ефективне відновлення екосистем, його використання сприяє відновленню екологічно зруйнованих територій, зменшуючи негативний вплив на природу та забезпечуючи сталу екологічну гармонію.

РОЗДІЛ 3

ПОТЕНЦІАЛ ТА СПОСОБИ ФІТОРЕМЕДІАЦІЇ НАФТОЗАБРУДНЕНИХ ГРУНТІВ (ЗЕМЕЛЬ)

3.1. Проблема нафтозабруднених ґрунтів

Нафта - це природна легкозаймиста масляниста рідина. До її складу входить суміш вуглеводнів різної будови. Їхні молекули короткі і довгі, нормальні і розгалужені, замкнуті в кільця і багатокільця ланцюгів з атомів вуглецю. Перегонкою нафти отримують різні продукти бензин, реактивне паливо, освітлювальний гас, дизельне паливо та масла.

Основу нафти складають три групи вуглеводнів: метан, нафтен і ароматичні вуглеводні метану (алкани або алкани) хімічно найбільш поширені стабільні, належать до граничних вуглеводнів і мають формулу C_nH_{2n+2} .

Якщо число атомів вуглецю в молекулі змінюється від 1 до 4 (CH_4 - C_4H_{10}), газоподібні, рідкі вуглеводні з номерами від 5 до 16 (C_5H_{16} - $C_{16}H_{34}$) і

Якщо більше 16 ($C_{17}H_{36}$ та ін.) - твердий (наприклад, парафін). Нафтені вуглеводні (циклічні або аlicиклічні) мають кільця за структуру їх іноді називають карбоциклічними сполуками. Всі з'єднання вуглець і водень однаково насичені, тому нафтені нафти стабільні [25].

Властивості нафтенів включають C_nH_{2n} (мононафтени), C_nH_{2n-2} і вуглеводні.

C_nH_{2n-4} (полінафтени). Його більше в нафтенах, ніж у парафінах висока щільність, низька паропружність і краща розчинність. Найбіднішими на водень є ароматичні вуглеводні або арени (C_nH_n). Молекула Він має форму кільця з ненасиченими вуглецевими зв'язками.

Як вони називаються - ненасичені або ненасичені вуглеводні звідси їх хімічна нестійкість. Ароматичні вуглеводні становлять 5-55%. Це найбільш токсичні компоненти в нафті та воді лише в 1% концентрації вони вбивають водні організми [25]

Рослинна олія, що містить 38% ароматичних вуглеводнів, дуже пригнічує їх збільшується з ростом вищих рослин і ароматичності олій гербіцидну активність. Склад усіх груп поліциклічних ароматичних сполук вуглеводнів під час поступового перетворення нафти в землю зменшується Ароматичні вуглеводні зазвичай важко розщепити повільно окислюється мікроорганізмами [15].

Крім вуглеводнів, нафта містить кисень, сірку і трохи азоту, поєднання нафти і газ можна знайти як разом, так і в надрах Землі окремо. Нафта є великою і складною групою рідин і газів тверді вуглеводні, тобто складаються з вуглецю і водню. Також сполуки азоту,кисень і сірка.

До ґрунтів, забруднених нафтопродуктами, належать ті

Концентрація ЗР в яких

- впливає на екологічну рівновагу ґрунтової системи;
- викликає морфологічні, фізико-хімічні та хімічні модифікації характеристики ґрунтового профілю та водно-фізичних характеристики;
- порушує співвідношення між фракціями органічної речовини в ґрунті.

На фітотоксичність нафтозабрудненого ґрунту також впливає його тип.

Ті самі рослини на різних типах ґрунту з однаковою концентрацією нафтопродукта можуть по-різному реагувати на забруднення [26].

Так, наприклад, в біомасі рослин польового вівса для негативної дії нафтопродуктів концентрація нафтопродукту має бути в дерново-підзолистих і підзолистих глинах вище 2% у піщаному ґрунті та 10% у піщаному ґрунті.

Негативний вплив світлих нафтопродуктів (бензин, дизельне паливо) починається від у концентрацій 0,5% і вище, в перші місяці забруднення, зазвичай їх фітотоксичність є не високою. Важкі нафтопродукти(мастило моторне) в концентрації 1-5% в перший місяць взагалі не мають негативного впливу на рослини, стимулюючи їх ріст, але з часом стимулюючий ефект зменшується і виникає збільшення концентрації забрудника що спричиняє загибель рослин[13].

Це відбувається при підвищенні концентрації дизельного палива накопичення макроелементів у різних частинах рослин, пов'язаних з захисна реакція рослин на наявне забруднення ґрунту [11].

Нафтопродукти негативно впливають на стан і продуктивність рослинного співтовариства, зменшуючи його біорізноманіття та біомасу, під дією моторного масла в біоценозі трав'янистих лук кількість видів зменшується в 6—20 разів, а під дією дизельного палива - в 10-60 разів залежно від концентрації забруднюючої речовини. При підвищенні концентрації забруднюючих речовин на 1-10% зменшується біорізноманіття та біомаса фітоценозу.

Якщо ґрунт вважається забрудненим нафтопродуктами їх концентрація досягає наступного рівня:

- починається видалення або деградація рослинності;
- падає продуктивність сільськогосподарських угідь;
- порушується природний баланс ґрунтового біоценозу;
- є переміщення одного-двох швидкозростаючих видів

Рослинності, а для іншого виду , життєдіяльність мікроорганізмів пригнічується і зникає

- вимивання нафтопродуктів (НП) з ґрунту в надра або поверхневі води;
- зміни фізичних властивостей води та структури ґрунту;
- помітне збільшення частки вуглецю органічній речовині ґрунту (більше 10%) [32].

Визначення стадій перетворення нафти в ґрунтах дає змогу визначити вік забруднення та розрахунковий час відновлення ґрунту збільшуються ефективність боротьби із забрудненням нафтою природного середовища.

Розрізняють три стадії розкладання нафти в ґрунті:

- спочатку переважають фізико-хімічні процеси - зношування, випаровування, вимивання, окислення; кількість збільшується в землі мікроорганізми;

- друга стадія настає приблизно через два роки в природних умовах, коли відбувається біологічне окислення майже всіх вуглеводнів; як він росте кількість мікроорганізмів, а також різноманіття видів, роль зростає зелені та синьо-зелені водорості; тривалість цього періоду від 6 до 18 років; -

- час третьої стадії визначається зникненням парафінових вуглеводнів приблизно 15-25 років [26].

Таким чином, відбувається процес природного перетворення (деградації) нафти, що в ньому міститься проникає в ґрунт, і поліпшення ґрунту займає дуже багато часу і триває приблизно від 40 до 45 років і більше.

Забруднення нафтою викликає глибокі зміни у всіх складових природних біоценозів, що є характерним для всіх нафтопродуктів, та тягне за собою зміну кількості угідь і обмеження видового різноманіття педобіоти (мезо- і мікрофауна та мікрофлора ґрунту). При цьому типи реакції у відповідь різних груп педобіотів на забруднення неоднакові: кількість одних зростає, інших знижується, третіх залишається практично постійним. Забруднення нафтою призводить до злипання структурних частин і в кінцевому підсумку до порушення аерації, що в свою чергу викликає уповільнення розвитку рослин і навіть їх загибель. У верхній частині профілю утворюється щільний бітумний шар. Нафтозабруднені ґрунти втрачають здатність поглинати й утримувати вологу, характеризуються меншою гігроскопічністю, водопроникністю, дисперсія ґрунту також збільшується, зменшується структура і ступінь агрегації, зменшується коефіцієнт фільтрації води [30].

Фільтрація нафтопродуктів у ґрунті створює хроматографічний ефект ефект, що зумовлює її диференціацію: на гумусово-акумулятивну та містить високомолекулярні компоненти серед, яких бітумінозні та циклічні сполуки та леткі вуглеводні, також ці компоненти можуть зберігатися в анаеробному середовищі довгий час.

Отже, забруднення нафтою характерне переважно лише для регіонів видобутку, переробки та транспортування нафти, а забруднення нафтопродуктами, такими як дизельне паливо, гас, мастила, мазут, тощо, є частим явищем при експлуатації транспортних засобів та їх обслуговуванні.

3.2. Самоочищення ґрунту від забруднення нафтопродуктами

Існують механічні, термічні та фізико-хімічні методи відновлення ґрунту забрудненого нафтопродуктами, ці методи є дорогим і ефективним лише до певної міри часто пов'язане із забрудненням (зазвичай принаймні 1% нафти в ґрунті). не

забезпечують повного очищення. Самовідновлення на даний момент є найбільш перспективним методом очищення економічно та екологічно. Дієвість методу забезпечується біотехнологічним підходом, заснований на використанні різних груп мікроорганізми з підвищеною здатністю до біодеградації компонентів нафти та нафтопродуктів.

Здатність ліквідувати речовини антропогенного походження (ксенобіотики) були виявлені в організмах, які дуже важко розщепити. Ця властивість забезпечується наявністю у спеціальних мікроорганізмів ферментативних систем, які здійснюють катаболізм цих сполук. Оскільки мікроорганізми мають відносно високий руйнівний потенціал ксенобіотиків, демонструють здатність до швидкої метаболічної реконструкції [10].

Нафта та нафтопродукти опиняються в землі під час процесу розливу та впливу різних факторів, зокрема фізичних (випаровування, промивання), хімічні (фотоліз, біохімічна деструкція) і біологічні (мікробіознищення).

Випаровування, вилуговування та фотоокислення під впливом ультрафіолету найбільш ефективний на поверхні ґрунту та у вищих генетичних горизонтах, для розщеплення легких фракцій нафтопродуктів

Розчинність нафтопродуктів залежить від вмісту в них вуглеводнів.

Основний механізм аеробного окислення вуглеводнів різних класів він заснований на використанні кисню в молекулі з навколишнього середовища, модифікуючи зв'язки [9].

В даний час найбільш вивченими є механізми аліфатичного перетворення ароматичних вуглеводнів. Структура ароматичних вуглеводнів надзвичайно стабільна, тому неможливо, щоб вони були безповоротно розщеплені. Так, встановлено, що вуглеводні піддаються певним впливам у процесі перетворення хімічні перетворення, включаючи гідратацію, відновлення, гідроліз, окиснення, заміщення, приєднання та конденсація.

На швидкість самоочищення субстрату від нафтопродуктів впливають їх початкова концентрація, а також ґрунтово-кліматичні умови.

Найбільш швидке зниження концентрації спостерігається під час першого місяців з моменту зараження. В основному це пов'язано з процесами випаровування легких фракцій, фізичне усунення потоком води, фотохімічного окислення. Надалі швидкість самоочищення сповільнюється і залежить в основному від активності ґрунтової мікробіоти.

У природних умовах розкладання нафти в ґрунті є біогеохімічним процесом, у якому першорядне і вирішальне значення має функціональна діяльність комплексу ґрунтових мікроорганізмів, що забезпечує повну мінералізацію нафти і нафтопродуктів у вуглекислий газ і воду [13].

Біологічне очищення та відновлення екосистем забруднених нафтою і нафтопродуктами ґрунтів визначають як процес прогресивної трансформації забруднюючих речовин, пов'язаний з процесом прогресивного відновлення біоценозу.

3.3. Застосування фіторе mediaційних технологій для відновлення нафтозабруднених ґрунтів

Фіторе mediaція — це використання рослин та їх груп для очищення стічних вод, ґрунтів та повітря. Ця технологія використовує природні процеси акумулювання рослиною шкідливих речовин для знищення та ізоляції органічні та неорганічні забруднювачі. Ця ехнологія може бути використана для відновлення природного стану забрудненої землі або водойми [2].

Існує 5 видів фіторе mediaції, таких як:

- 1) Фітовипаровування – перетворення забруднюючих речовин в літаючій формі.
- 2) Фітодеградація – руйнування забруднювача дією рослинних ферментів на тканини.
- 3) Фітоекстракція - використання рослини поглинання та накопичення забруднюючих речовин у його повітряній частині.
- 4) Фітостабілізація – перенесення забруднювача в інше місце нерухома форма, за допомогою мікробної ризосфери.

5) Фітостимуляція – розкладання забруднюючих речовин кореневої зони внаслідок життєдіяльності мікробів.

Концепція використання рослин для очищення навколишнього середовища не нова, людство вперше почало застосовувати її близько 300 років тому для очищення брудної води, за участі рослин *Thlaspi caerulescens* і *Viola calaminaria*.

Для фіторемедіації використовується широкий спектр водних рослин, наприклад: очерет (*Phragmites communis*), верба (*Salix cinerea*, *Salix peuntandra*), ряска (*Lemna sp.*) [5].

Фіторемедіація широко використовується для очищення стічних вод в Україні вода Для цього використовуються пристрої під назвою «біоінженерні очисні споруди» за кордоном вони називаються «constructed wetlands» і мають широке поширення застосування в якості системи очищення побутової, дощової, шахтної води, кар'єрних та інших стічних вод. Цей метод не вимагає використання процесів що відбуваються на заводі, додаткового обладнання та значних трудових ресурсів. Фіторемедіація вже успішно застосовується на багатьох промислових об'єктах

включаючи принаймні 10 місць у Сполучених Штатах, входить до програми Суперфонду. Використовувався для очищення забруднених підземних вод поблизу випробувальний полігон у Меріленді (США) після розлив та спалювання промислових і військових хімікатів з 1940-х років[20].

Фіторемедіація як метод знезараження забрудненого ґрунту призначений для видалення забруднення, встановлено, що окремі види рослин здатні до стійкості в зараженому середовищі та здатні, наприклад, поглинати та накопичує більше іонів свинцю, ртуті, цинку та інших окисні метали, ніж інші рослини [4].

Відкриття фіторемедіації зробило це можливим очищення ґрунт, за допомогою висаджування певним рослини, які в кінці сезону можна зібрати та утилізувати в спеціально відведеному місці.

Основою розглянутої технології є природний біологічний процес складовими якого є вирощування рослини, поліпшення цим властивостей ґрунтів і захист їх від ерозії.

ФітореMediaція має спектр переваг перед фізичними методами відновлення таких як: використання на великих площах, вартість, відсутність спецтехніки, допомога оскільки це пов'язано із захистом і покращенням навколишнього середовища вирощувати зернові культури та покращувати стан ґрунту. Серед рослинних гіперакумуляторів з високою здатністю поглинання важких металів сарептська гірчиця і дикий овес. Встановлено, що акумулюються в основному зібрані свинець і кадмій (60-65%) до сухої частини рослин [13].

Швидкість виносу свинцю та кадмію з ґрунтів залежить від складу ґрунту та його виду важкі глинисті < середньоглинисті < легкі глинисті ґрунти.

Гречка і кормові боби характеризуються високим вилученням міді, нікелю, цинку, кобальт, свинець і кадмій. Метод запропоновано в. використання бобових культур на ґрунтах, забруднених важкими металами, що включає посадку та збирання рослин, які забирають важкі метали з ґрунту [8].

Виведення з ґрунтів важких металів кадмію, міді, цинку за використання ріпаку вивчали в Італії. Визначено, що внесення цих металів в ґрунт в кількості 50, 500, 600 м/кг не викликає симптомів пригнічення [20].

Виділення важких металів з рослин збільшується з подальшим накопиченням металів в наземних органах. Рекомендується використовувати насіння ріпаку з фітореMediaційною метою усунення кадмію і цинку із забруднених ґрунтів. Для підвищення ефективності фітореMediaції рекомендується використовувати такі речовини: хітозан, етилендіамінтетраацетат, полісахарид бурштину, гідроксіетілдендифосфонові кислоти, що підвищує їх високу рухливість металів і прискорює їх засвоєння рослинами. Здатність до міграції важкі метали через їх здатність адсорбувати органічні та мінеральні сполуки, присутні в ґрунті [32].

Вивчення адсорбційних властивостей ґрунту важливі для розуміння механізмів мінеральної фітореMediaції Адсорбція ґрунтом призводить до концентрації важких металів, при цьому утворення більш міцних комплексів з неувібраною частиною органічних речовин речовина сприяє збільшенню міграційної здатності металів і таким чином полегшує їх перехід до кореневої системи рослин. Використовується в останній раз фітореMediaція. Високе вилучення

цинку зі світло-каштанових ґрунтів гірчицею Sareptian створено Показано, що видалення цинку є значним посилюється застосуванням фітоекстрактора гідроксіетілідендіфосфонату кислоти Таким чином, при збільшенні дози гідроксіетілідендіфосфонової кислоти коефіцієнт концентрації цинку від 0,175 моль/кг до 0,70 моль/кг (співвідн.вміст металу в сарептській гірчиці та ґрунті) збільшується з 0,26 до 2,48 разів [31].

Поряд з практичним інтересом фіторемедіації (очищення ґрунтів внаслідок видалення важких металів), обговорюється механізм токсичності вплив сполук важких металів на живі організми. За задумом авторів, важкі метали реагують з ферментативними та мембранними функціональними групами рослинні білки, переважно сульфідні, амінні, карбоксильні. Такі взаємодії змінюють конформацію білкових молекул, що порушує їхню ферментативну активність та транспортна діяльність [16].

Отже, висока хімічна спорідненість переважної більшості важких металів із зазначеними функціональними групами сприяє накопиченню токсичні речовини в рослинних організмах та робить можливим виведення їх з ґрунту..

3.4. Фітомеліорація

На усіх етапах розвитку людства рослинність займала провідну роль емоційно-психологічного характеру. Одночасно зі звичним використанням рослин у галузях городництва, садівництва, виноградарства, рослинництва, рослинність виконувала велику естетичну функцію та займала свою нішу у вигляді садово-паркового мистецтва. Фітомеліоративна діяльність в умовах нинішнього розвитку людства розповсюджується у багатьох напрямках господарської діяльності. Внаслідок чого виникають різні види фітомеліорацій, що виконують різні функції: сільськогосподарську, лісогосподарську, інженерно-захисну, водну, санітарно-гігієнічну, рекреаційну, ландшафтно-планувальну, архітектурно-планувальну та естетичну фітомеліорації. Фітомеліорація включає весь спектр метаболічних процесів з накопичення, поглинання та розкладання органічних та неорганічних забруднювачів, відповідно при технології фіторекультиваци ґрунтів від

забруднювачів, основна увага приділяється підбору рослин, насамперед здатних трансформувати разом із симбіотичними організмами токсичних забруднень, переводячи їх у менш активні форми [18]. Зарубіжними науковцями доведено позитивний вплив рослин на поліпшення властивостей ґрунтів, що забруднені нафтовидобувними продуктами із високим вмістом сірки та проведено підбір кращих рослин для фіторекультивациї.

Основними видами рослин було рекомендовано дягель лікарський, який доволі легко переносить підтоплення територій та відносно стійкий до сполук заліза та марганцю, рекомендовано також бархатці прямостоячі, цей вид толерантний до забруднення важкими металами та здатен акумулювати їх, із багаторічних злакових трав було обрано кострець безостий, який здатний витриматизаоплення території та легко адаптується під час посухи, формує масивну якнадземну, так і кореневу систему, швидко відростає після скошування. Доведено, що під посівами цих культур значно зменшився вмістнафтопродуктів та зросла кількість корисних поживних речовин [14].

Меліоративні рослини, або фітомеліоранти (від лат. *Melior* - покращувати), рослини, що сприяють відновленню або підвищенню родючості ґрунтів, ефективно впливають на ґрунтотвірні процеси. Підтримка природних рослинних угруповань або культивування фітомеліорантів (наприклад, багаторічних бобових) сприяє поліпшенню умов природного середовища [11].

Заходи захисту ґрунтів фітомеліоративними методами: суцільне і смуговеполезахисне лісорозведення; протиерозійні лісові насадження; захисні насадження на вододілах і схилах; приярові і прибалкові снігореґулюючі, водозбірні ґрунтозахисні насадження; протидефляційні лісові насадження; залісення і закріплення рухомих пісків; фітомеліорација і захист ґрунтів за допомогою багаторічних трав. Основні фітомеліоративні деревні рослини - сосна звичайна, береза повисла, осика, жовта акація, дуб звичайний, липа серцелиста, лох вузьколистий, різні види верб, в'яз дрібнолистий, тополя біла, клен татарський, горобина звичайна, вільха клейка, жимолость татарська, свідина криваво червона (*Swida sanguinea*), різні види яблунь. Трав'янисті культивовані бобові рослини –

еспарцет піщаний, козлятник східний, люцерна посівна, конюшина лучна та ін. – збагачують ґрунт азотом і сприяють утворенню гумусу, мають потужний фітомеліоративний ефект. Крім того, щільне покриття багаторічних бобових трав і потужна коренева система з сильно розгалуженою мережею дрібних корінців утримують частинки ґрунту від вимивання і видування, і їх розглядають як ґрунтозахисні культури [7].

Перспективним біомеліорантом для ефективного освоєння засолених зрошуваних земель являється солодка гола, цінна лікарська і кормова культура.

Сидеральні рослини – ріпак, гірчиця, буркун, просо, вико-вівсяна суміш – також збагачують ґрунт органічними речовинами і знижують небезпеку ерозії. Як відомо, всі живі організми не тільки пристосовуються до ґрунтових або кліматичних умов, але також здатні самі формувати їх. В першу чергу це стосується рослин. Здатність покращувати якість природного середовища рослинами покладена в основу фітомеліорації. Адже вона виробляє найбільшу кількість біомаси, здійснює грандіозний кругообіг води, вуглекислого газу, кисню, азоту та ряду інших елементів, бере участь в біогеохімічних циклах і ґрунотвірних процесах. Використання всіх цих якостей рослинних організмів дозволяє говорити про фітомеліорацію, як про екологічну складову технології, яка ставить своїм першочерговим завданням відродження навколишнього середовища. Якщо міркувати в глобальних масштабах, то можна прийти до висновку, що вся планета потребує грандіозному проекту фіто меліорації [26].

В першу чергу це стосується клімату. Можна з упевненістю сказати, що стабілізувати клімат – першочергове завдання, яке нині стоїть перед людством.

У світовій практиці є приклади реалізації досить великих проектів по фітомеліорації клімату (наприклад, створення значних площ лісонасаджень для боротьби з опустелюванням в Китаї і Кенії), але подібного роду заходи вимагають серйозної політичної волі і величезних затрат фізичної праці.

Лауреат Нобелівської премії миру кенійка Вангарі Маатарі, яка організувала боротьбу з опустелюванням, зазначає, що найбільші труднощі при проведенні подібних заходів полягає не в висадці рослин.

Фітомеліорацію використовують і в інженерно-захисних цілях: при створенні лісосмуг для боротьби з водною та вітровою ерозією ґрунту. Але інженерно-захисна фітомеліорація застосовується не тільки в землеробстві [28].

Захисні насадження є обов'язковою умовою функціонування промислових підприємств, санітарна зона навколо яких повинна бути засаджена певними видами дерев і чагарників. Особливу роль фітомеліорація відіграє у відновленні ґрунтів і їх родючості. Виснажені в процесі техногенного навантаження ґрунти в прямому сенсі цього слова виліковуються підбором спеціальних видів рослин.

Саме спосіб фітомеліорації застосовують на сильно еродованих і малородючих ґрунтах. До речі, в Україні в середині 90-х років існував великий проект по залуженню схилів сильно еродованих орних земель спеціальними сумішами трав.

У Західній Європі прогнозовано відбувається зниження надходження азоту в рослини при підвищеному надходженні вуглецю в ґрунт. При цьому збільшення співвідношення C:N в підстилці вказує на потребу в азоті для розкладання органічних фракцій. За аналогічних умов можлива іммобілізація азоту мікроорганізмами ґрунту і зниження його доступності для вегетуючих рослин. Узагальнення, зроблене ІНРА, підтверджує, що 2-кратне підвищення концентрації CO₂ знижує забезпеченість лугових злаків азотом і накопичення вуглецю в ґрунті. Навпаки, підвищення температури в поєднанні з високою концентрацією CO₂ стимулює кругообіг азоту, покращуючи азотне живлення злакових трав [28].

Показано, що збагачення повітря вуглекислим газом стимулює зростання бобових і біологічну фіксацію азоту. Під впливом CO₂ відсоток конюшини лучної в злаково-бобовій травосумішці може досягати до 60%. Досліди, проведені у Франції, свідчать, що висока концентрація вуглекислого газу в атмосфері стимулює ріст не тільки бобових трав, а й інших видів рослин, що не володіють здатністю фіксувати азот. Домінуючим з бобових в подібних екологічних умовах є конюшина повзуча (*Trifolium repens*). З рослин, які не фіксують азот, відзначено інтенсивне поширення та значний фіторекультивацийний ефект деревію (*Achillea millefolium*) [27].

У Північній Америці збагачення атмосфери CO₂ не викликало негативну реакцію у злаків, включених до складу бобово-злакових травосумішок– костриці лучної, грястиці збірної. Проведені дослідження дали підставу для висновку про те, що фактор, що сприяє посиленому росту того чи іншого виду в угрупованнях – це перш за все здатність конкурувати за світло та поживні елементи при збільшенні концентрації CO₂. Бобові культури мають перевагу, якщо потреба в азоті у рослин і ґрунту посилюється внаслідок збагачення атмосфери вуглекислим газом. За окремих умов формування травостою, де відіграє велику роль сильна конкуренція за світло і джерело азотного живлення, іноді відбувається пригнічення бобових трав, особливо конюшини повзучої, але одночасно стимулюють ріст рослин, які не володіють здатністю до азотфіксації [11].

Таким чином зарубіжний досвід показує, що в умовах збагачення атмосфери CO₂ і в умовах потепління клімату посилюється практична роль фіторекультивуації на основі використання бобових трав і бобово-злакових травосумішей. Глобальне потепління клімату сприяє продовженню вегетаційного періоду, але не гарантує підвищення врожайності лучних рослин.

Цей екологічний фактор сприятливо впливає на окремі види і роди трав'янистих рослин, підвищуючи їх природоохоронний потенціал.

Однією з вирішальних умов успішної біологічної рекультивуації є введення культурних рослин у невласиві для них умови середовища промислових відвалів, необхідність підбору вихідного матеріалу, вивчення окремих характеристик видів і їх змін у новому екологічному середовищі [14].

Під час підбору асортименту видів для проведення сільськогосподарської або лісової рекультивуації необхідно всебічно вивчити екологічні особливості рослин, ритм росту і розвитку їх надземних та підземних органів, здатність до відтворення, що забезпечує збереження культурного угруповання тривалий час, та інших показників. Вивчення динаміки росту й розвитку, проходження фенологічних фаз, вегетативної та насінневої продуктивності і виявлення амплітуди коливань цих показників у рослин, що вирощуються на відпрацьованих відвалах на фоні різних

агротехнічних заходів, служить основою вибору перспективних видів рослин для біологічної рекультивації [27].

Основне значення мають дані, що характеризують динаміку нагромадження вегетативної маси окремими компонентами створюваних культурних фітоценозів та угрупованнями в цілому порівняно з подібними величинами у природних рослинних угрупованнях конкретної ґрунтово-кліматичної зони. При цьому особливу увагу треба приділити вивченню особливостей формування підземних органів рослин та угруповань. Не всі види рослин можуть нормально рости і розвиватися в умовах специфічного екологічного середовища субстратів відвалів. Так, для встановлення

асортименту видів рослин, придатних для фітомеліорації золівідвалів, було досліджено понад 230 видів, а засолених червоних шламів – 160, з яких визнано придатними для рекультивації відповідно 30 і 8 видів [28].

Вивчення можливості створення штучних лісових насаджень на відвалах відкритих розробок фосфоритів, залізної руди, бурого вугілля, сірки, показало, що для обліснення доцільно використовувати оліготрофні види рослин, тобто ті види, які маловибагливі до родючості ґрунту (наприклад, сосна звичайна, береза бородавчаста та ін.).

Поліпшення росту рослин у несприятливих умовах середовища промислових відвалів можуть сприяти симбіотичним відношенням між деревними рослинами (сосною, модриною, березою) і мікоризо-утворюючими грибами або між бобовими трав'янистими (конюшиною, люцерною, буркуном й іншими) та бульбочковими бактеріями. Оліготрофність видів рослин, а також їх посухостійкість і солевитривалість вважаються головними характеристиками, що мають велике значення у виборі асортименту рослин як для лісової, так і для сільськогосподарської рекультивації [27].

Під час вибору асортименту рослин для створення культурних фітоценозів на порушених землях у багатьох випадках треба враховувати і такий додатковий екологічний чинник, як забруднення атмосфери промисловими викидами. Адже у рослин відсутні будь-які спеціальні механізми пристосування до таких чинників середовища. Як правило, ті рослини, що стійкі до дії одного забруднення,

пригнічуються іншими інгредієнтами промислових викидів. Тому відсутність рослин, які комплексно стійкі до забруднення атмосфери, змушує індивідуально підходити до підбору асортименту рослин для певних умов [18].

Використання та підбір рослин вважають чи не найважливішим прийомом при проведенні фіторекультивациї, особливо на засоленних ґрунтах. Використанням солевитривалих видів рослин для відновлення порушених ґрунтів займалася значна кількість науковців у різних куточках світу: в Україні Гінченко, Самбур, Чапко, у Казакстані – Байтканов, і це далеко не весь перелік. Деякі з солестійких культур (білий буркун) формують потужну кореневу систему, що здатна розпушувати щільні солонцеві ґрунтові горизонти. При розкладанні надземної і підземної частин рослин ґрунт збагачується органічною речовиною і поживними елементами (азот, калій, кальцій і ін.). Крім того, при цьому процесі виділяється вуглекислота, яка сприяє перетворенню звичайної соди в менш токсичну двовуглекислим соду. Тому в країнах, де хімічна меліорація ведеться в обмежених масштабах, вдаються до біологічних способів меліорації, скажімо в таких країнах як Індія, Пакистан, Аргентина. В Аргентині фітомеліорацію здійснювали на площі 45 тис. га (Моліна, Сауберан, 1965). Особливий ефект від посіву соле-і солонцестійких рослин проявився при освоєнні під культурні пасовища ґрунтів на малопродуктивних землях Казакстану і України, зокрема на заплавних засоленних землях [15].

Загальновідомо, що фітомеліорація виступає, як ресурсозберігаюча альтернативна технологія для закислених ґрунтів, у порівнянні із традиційними методами проведення хімічної меліорації. За умови такої фіторекультивациї на кислих ґрунтах відбувається оптимізація структури земель шляхом добору та розміщення культур по ланках сівозміни, які проявляють стійкість до показників високої кислотності у ґрунтах. Обов'язковою умовою має бути відмова від культивування нейтрофілів – культур, що проявляють стійкість до кислої реакції ґрунтового середовища, серед яких виділяють пшеницю, ячмінь, цукрові, столові, кормові буряки. Та включення до сівозміни таких культур як – картопля, льон, люпин, озиме жито, що носять назву ацидофілів [12].

Варто вказати, що окремі із бобових культур конюшина лучна, люцерна посівна, люпин вузьколистий можуть перерозподіляти кальцій, шляхом перенесення його у верхні горизонти ґрунту з нижніх, цим самим змінюючи реакцію ґрунтового середовища. Закислення ґрунту завжди призводить до зниження доступності поживних елементів для рослин. Тому підбір культур та планування фіторекультивацийних заходів на кислих ґрунтах вимагає детального аналізу за станом кислотності земель та добір рослин, невибагливих до умов живлення. З огляду на все вищевказане, слід врахувати відношення рослин до вмісту в ґрунтах елементів живлення [13].

За потребою рослин до вмісту поживних елементів у ґрунтах прийнято класифікувати групи рослин наступним чином:

- *евтрофи* (вміст N в ґрунті – від 3,0-4,0 % і більше, Ca – не менше 3,0 %, (P – до 1,0 %, K – до 1,0 %): буряки цукрові, тютюн, кавуни, тимофіївка лучна, костриця очеретяна, грястиця збірна, житняк, тонконіг лучний;

- *мезоевтрофи* (вміст N в ґрунті – 2,0-3,0 %, Ca – 1,5-2,5 %, P – 0,5-1 %, K – 0,6-1 %): пшениця м'яка, конюшина лучна (червона) і біла, смородина чорна, пажитниця багаторічна, соняшник, конюшина лучна, тонконіг лучний, люцерна хмелеподібна;

- *мезотрофи* (вміст N в ґрунті – 1-2,5 %, Ca – 1-2 %, P – до 0,5 %, K – до 0,6 %): овес, картопля, морква, кукурудза, капуста, буряки столові, тонконіг вузьколистий, костриця лучна;

- *олігомезотрофи* (вміст N в ґрунті – 1-1,5 %, Ca – 0,5-1 %, P – 0,3-0,5 %, K – 0,4-0,6 %): жито, льон-довгунець, просо, костриця овеча, тимофіївка степова;

- *оліготрофи* (вміст N в ґрунті – 0,3-1,0 %, Ca – 0,01-0,5 %, P – 0,001-0,5 %, K – 0,001-0,4 %, або навіть їх сліди у ґрунтовому розчині): буркун, жито, озима (мохната) вика, ячмінь, ірга, ожина, серадела, люпин, із злакових — біловус, мітлицю звичайну та ін.[30].

Про результативність проведених фітомеліоративних заходів можна говорити з огляду на отримані показники врожайності сільськогосподарських культур. Часто

проведення сільськогосподарської фітомеліорації має на меті також і захистити землі від зсувів та ерозійних процесів. Фітомеліорація включає підбір і розміщення в сівозміні сільськогосподарських культур, що витримують і непогано розвиваються в кислому середовищі ґрунту, тобто більш толерантних до ґрунтової кислотності. Треба утримуватись від вирощування на кислих ґрунтах особливо чутливих до кислої реакції сільськогосподарських культур– коренеплодів, ярої та озимої пшениці, ячменю тощо. На цих ґрунтах перевагу слід надавати вирощуванню вівса, озимого жита, моркви, люпину, злакових трав, картоплі та інших ацидофільних (кальцієфобних) культур [13].

Встановлено, що ефективними культурами-фітомеліорантами щодо поліпшення фізико-хімічних властивостей опідзолених ґрунтів є люцерна та еспарцет; агрофізичних – люцерна, еспарцет та гірчиця; агрохімічних– люцерна, еспарцет, люпин та соя. За типами кореневої системи, характером їх розподілу по профілю, ці фітомеліоранти суттєво різняться.

Умовою ведення успішної біологічної рекультивації є пристосування культурних рослин в умови, які для них вважаються невластивими також підбір рекультиваційного матеріалу та його адаптацію до змін в навколишньому середовищі. Добір асортименту різних видів культур для проведення рекультивації проводиться у відповідності екологічних властивостей рослин, ритмів їх росту та розвитку, спроможності до відтворення та інших властивостей, що забезпечать формування культурного біотопу на тривалий час. Основою вибору перспективних видів рослин для проектування біологічної рекультивації є вивчення процесів росту і розвитку рослин, динаміку проходження фенологічних та вегетаційних фаз, формування насінневої продуктивності культивованих рослин [11].

Особливу увагу приділяють формуванню кореневої системи рослин, яка здатна накопичити органіки у субстратах териконів, відвалів, саме переважна більшість рослин зумовлює напрямки проходження ґрунотворного процесу на техногенно порушених територіях.

Відомо, що не всі типи та види рослин здатні сприятливо рости та розвиватися в умовах своєрідного екологічного середовища. Тому підбір рослин для

фіторекультивуації має складатися із широкого спектру рослин, з яких пізніше буде обрано найоптимальніші [17].

Звертати увагу слід також при підборі асортименту культурних рослин на фактор забруднення атмосфери промисловими викидами, оскільки створення здорового фітоценозу, залежить перш за все від навколишнього середовища. А стійкі рослини до одних видів забруднення, пригнічуються, як правило іншими видами викидів.

При фітомеліорації для підвищення родючості ґрунтів використовується природний потенціал рослин – здатність акумулювати енергію сонця, трансформовану в енергію хімічних зв'язків органічних сполук. Поліпшення родючості ґрунтів досягається також за рахунок органічної речовини корневих залишків рослин і процесами азотфіксації бобових фітомеліорантів [15].

Для вибору найбільш ефективних фітомеліорантів необхідний всебічний аналіз як фізико-хімічних показників ґрунту, так і дослідження мікробіологічної активності ґрунту, одним з показників яких є ферментативна (каталазна) активність і рівень продукування CO₂. Авторами встановлено, що посіви фітомеліорантів здійснюють позитивний вплив на родючість агротемногумусових ґрунтів. Для цих ґрунтів властивий середній рівень вмісту гумусу і калію, висока ступінь насиченості ґрунтів основами, низька гідролітична кислотність. Високі параметри каталазної активності в посівах бобових трав свідчать про більш інтенсивні мікробіологічні процеси трансформації органічної речовини, що підтверджувалися показниками емісії CO₂ [13].

Найбільш сприятливі умови середовища на варіантах з посівами фітомеліорантів склалися в посівах з люцерною і конюшиною, в орних горизонтах яких встановлено найбільший приріст вмісту і запасів гумусу. Ці культури можна рекомендувати для підвищення родючості ґрунтів [13].

Оцінку результативності фіторекультивуації можна оцінити шляхом аналізу врожайності сільськогосподарських культур та показниками підвищення родючості ґрунтів. Автори публікації вважають, що домогтися позитивних змін у цих показниках можливо за рахунок правильного підбору культур для проведення

фіторекультивації, щоб саме ці культури відповідали умовам місцезростання на рекультиваційних ділянках. А розпочинається фітомеліорація рекультивованих земель певною мірою із посіву багаторічних бобових і злакових трав, що є важливим показником збагачення порушених ґрунтів органічною речовиною та покращення його структури.

3.4. Висновки до розділу

Потенціал фіторемедіації для відновлення нафтозабруднених ґрунтів є значним, та максимально задіює природні механізми самоочищення ґрунту від забруднення нафтопродуктами.

Фітомеліорація, або використання спеціально вибраних рослин для поліпшення структури та фертильності ґрунту, є ще однією важливою складовою фіторемедіації. Рослини, що відіграють роль фітомеліораторів, можуть покращити ґрунтові властивості, сприяючи його відновленню та забезпечуючи оптимальні умови для активності мікроорганізмів, що займаються фітодеградацією.

РОЗДІЛ 4

ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНЕ ДОСЛІДЖЕННЯ ЕФЕКТИВНОСТІ ФІТОРЕМЕДІАЦІЇ ҐРУНТУ ЗАБРУДНЕНОГО РІЗНИМИ ТИПАМИ НАФТОПРОДУКТІВ

4.1. Методика проведення дослідень

Для встановлення порівняльної ефективності фітореєдїації ґрунтів штучнозабруднених трьома видами нафтопродуктів мною було проведено експериментальне дослідження, яке проходило в декілька етапів.

Етап 1. Пророщування протягом 10 днів за стандартною методикою на пробах забрудненого ґрунту віки звичайної та овса з подальшим визначенням ростових характеристик рослин.

Етап 2. Хроматографічний аналіз проб ґрунту до та після проведення фітореєдїації.

Етап 3. Визначення ваги нафтопродуктів за гравіметричним методом.

Матеріали та методи: авіаційний керосин марки ТС-1, бензин марки А-95, дизельне паливо марки ДП, проби ґрунту, насіння овсаса, віки звичайної термостат, аналітичні ваги, хлороформ, гексан, оксидом алюмінію ,хроматограф,

Перед початком проведення експерименту із застосуванням фітореєдїації було проведено штучне забруднення ґрунту трьома видами нафтопродуктів: бензином, гасом та дизельним паливом в кількості 1 мл забруднюючої речовини речовини на 500 г ґрунту.

Я розпочала пророщування овса (лат. *Avéna*) та віки звичайної (*Vicia sativa*) на відібраних зразках забрудненого ґрунту, всього 18 чашок Петрі ґрунтом на висоту 0,5 см та пронумерувала чашки Петрі від 1 до 9 для вівса та від 1 до 9 для віки звичайної.

Далі я провела посів на поверхню ґрунту: 9 чашок Петрі по 100 насінин овса та 9 чашок Петрі по 200 насінин віки звичайної .

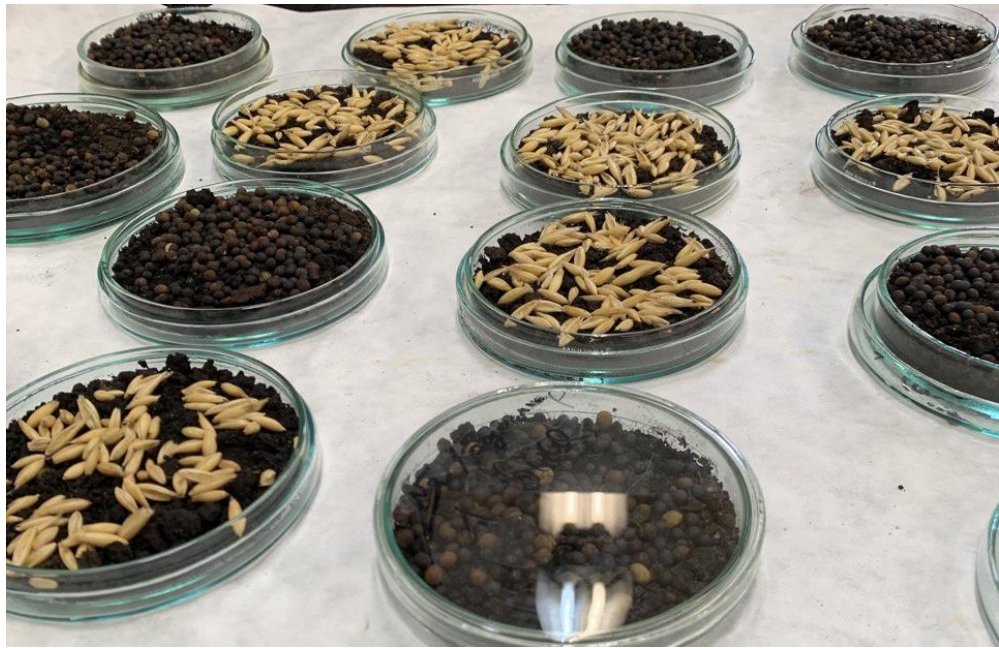


Рис.4. 1. Зразки висіяних рослин

Далі я нарила чашки Петрі кришками і поставити для пророщування в термостат при кімнатній температурі (20-22 °С).



Рис. 4.2. Чашки Петрі в термостаті

На третю добу я підрахувала кількість пророслого насіння. після чого зняла кришки та розмістила чашки Петрі з рослинами на підвіконня для подальшого пророщування. Періодично зволожувала ґрунт у міру висихання.

На 10-й день від початку експерименту я виміряла ростові характеристики

рослин, після чого просушила ґрунт та підготувала до подальшого визначення вмісту в ньому нафтопродуктів.

Далі мною було проведено хроматографічний аналіз еталонних зразків трьох нафтопродуктів, які були забруднювачами досліджуваних проб ґрунту, та зразків після пророщування рослин. Це дозволило встановити, які хімічні сполуки присутні в забрудненому ґрунті до фітореMediaції та після фітореMediaції.

Для проведення дослідження використовували капілярну колонку DB-5MS (30 м, 0,250 мм). Під час вимірювання використовувалася наступна програма температури колонки ГХ: 40 °С протягом 4 хв, потім температуру підвищували до 70 °С зі швидкістю 4 °С/хв, потім підвищували до 250 °С зі швидкістю 20 °С/хв і витримують протягом 10 хв. Температури інжектора та детектора становили 250 та 200 °С відповідно. Як газ-носії використовувався гексан чистоти 5,0. Для якісного визначення досліджуваних зразків використовувався діапазон 20-700 m/z. Об'єм введення зразків становив 1 мкл.



Рис. 4.3. Хроматограф HP 5590 Series II

На останньому етапі досліджень я проводила екстракцію маси нафтопродуктів із забрудненого ґрунту хлороформом який є одним із методів визначення рівня забруднення ґрунту нафтопродуктами. Цей метод полягає у вилученні нафтопродуктів із забрудненого ґрунту за допомогою хлороформу як розчинника.

Процедура екстрагування маси нафтопродуктів хлороформом із забруднених ґрунтів можна проводилась наступним чином:

Спочатку я відібрала зразки забрудненого ґрунту до фіторемедіації та після її проведення та очистила від твердих решток, після чого розтерла в ступці. Підготовлений ґрунт змочила хлороформом і відфільтрувала далі отриману рідину помістила до склянок місткістю 200 см³ для подальшого випаровування. Отриманий осад розчинила в 10 см³ гексану, після чого в підготовлену скляну колонку заклала кварцову вату та зверху насипала 8 грам алюміній оксиду, потім вилила вміст склянки.

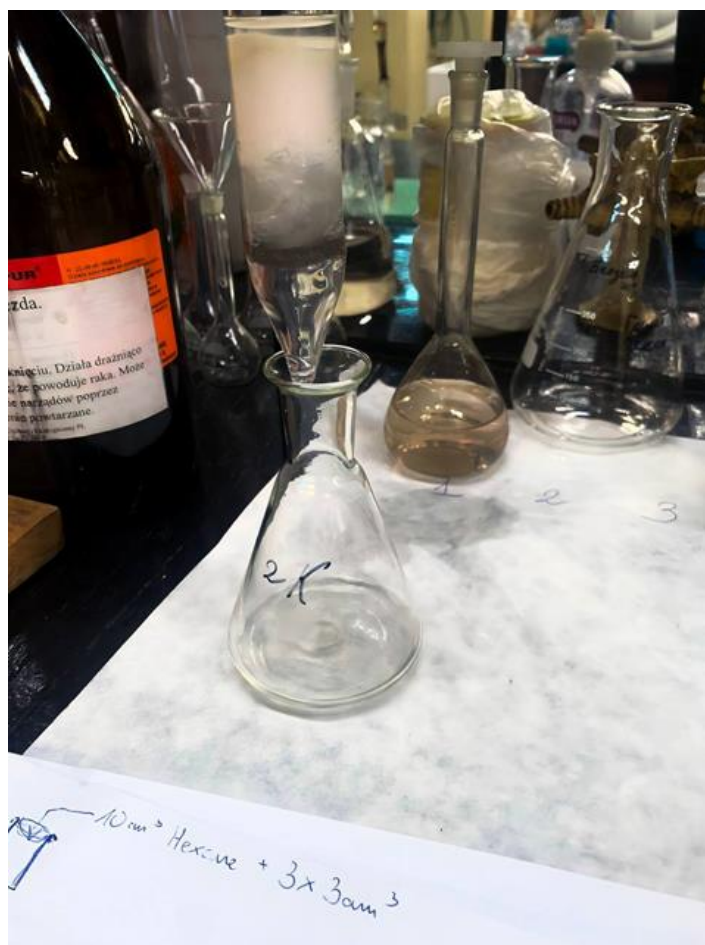


Рис. 4.4. Відокремлення полярних сполук

Таким чином з отриманого розчину гексану виділяють нафтопродукти і очищають елемент від домішок полярних сполук

Далі рідину випаровувалась у попередньо зважених склянках місткістю 200 см³. Після повного випаровування склянки було зважено на аналітичних вагах.

Результати дослідження

За методикою перші сходи рослин повинні були з'явитися на третій день. На практиці в ході експерименту зійшло лише кілька насінин за визначений методом час. 4 проби взагалі проросли.

Результати:

Таблиця 4.1.

Характеристика сходів рослин у досліджуваних зразках ґрунту

№ зразку	Віка/ нафтопродукт	Поява сходів (через діб)	Проростки, шт.	Овес/ нафтопродукт	Поява сходів (через діб)	Проростки, шт.
1	2	3	4	5	6	7
1	Гас	6	8	Дизельне паливо	6	3
2	Дизельне паливо	3	1	Бензин	6	4
3	Гас	5	3	Бензин	5	14
4	Дизельне паливо	1	5	Бензин	6	7
5	Дизельне паливо	1	8	Гас	6	7
6	Гас	1	8	Гас	5	31
7	Бензин	Відсутні	Відсутні	Дизельне паливо	5	12
8	Бензин	Відсутні	Відсутні	Гас	Відсутні	Відсутні
9	Бензин	Відсутні	Відсутні	Дизельне паливо	10	1

Зразки №7, №8, №. 9, віки звичайної, не проросли та зразок №8, на який висаджували овес.

Причиною цього може бути:

- Кількість забруднення: рослини-фіторемедіанти ефективні для зменшення певних типів забруднення, наприклад нафтопродуктів, але можливо, кількість забруднювача стала смертельною для рослини.

- Рослини мають власні вимоги до росту, такі як вода, освітлення, склад ґрунту, рН і температура, тому причиною могли стати умови середовища.

- Конкуренція з іншими рослинами. Не виключено, що кількість висадженого насіння 100 і 200 шт. послужила витісненню рослинами іншими рослинами та браку енергії для їх проростання.

Далі я вимірювала ростові характеристики вирощених рослин віки звичайної.

Таблиця 4.2.

Ростові характеристики проростків віки

Зразок №	Вид нафтопродукту	Кількість паростків, шт.	Довжина кореня, см	Довжина стебла, см
1	Гас	8	6	6,5
2	Дизельне паливо	2	5	5
3	Гас	4	4	4
4	Дизельне паливо	2	1	1
5	Дизельне паливо	5	2	2
6	Гас	2	4,5	4,5

Проаналізувавши отримані результати, можна стверджувати, що всі без винятку рослини зазнали впливу забруднювача. У нормі на 10 день рослина має мати 4-10 листків, висоту до 20 см і розгалужене кореневище.

Також не зійшов жодний зразок, який пророщувався на ґрунті забрудненому бензином тому можна припустити, що даний нафтопродукт найбільш токсичний для

даної рослини.

Проба №1 найбільш розвинена з досліджуваних, але її показники втричі менші за норму.

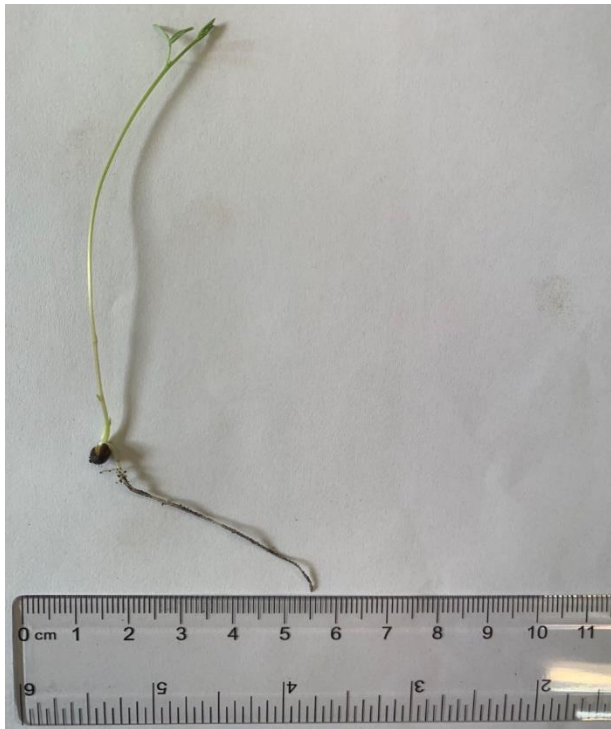


Рис. 4.5.Зразок з найвищими ростовими характеристиками (овес)

Також на 10 добу вимірювали ростові характеристики овса, вирощеного на 9 пробах забрудненого ґрунту.

Таблиця 4.3.

Ростові характеристики овса

Зразок №	Вид нафтопродукту	Кількість паростків	Довжина стебла, см	Довжина кореня, см
1	Дизельне паливо	3	6	5
2	Бензин	4	9	7
3	Бензин	17	14	5
4	Бензин	10	14	5
5	Гас	10	13	6
6	Гас	36	12	4
7	Дизельне паливо	16	15	7
9	Дизельне паливо	1	0,5	4,5

Проаналізувавши результати, можна зробити висновок, що отримані показники росту більшості рослин овса нижчі за норму на 1-2 см, що свідчить про незначний вплив забруднювача, який міститься в субстраті. Крім того, під час експерименту я виявила, що овес є більш стійкими до забруднюючих речовин і умов проростання, ніж віка.



Рис. 4.6.Зразок з найвищими ростовими характеристиками (овес)

На наступному етапі досліджень мною було проведено хроматографічний аналіз еталонних зразків трьох нафтопродуктів, які були забруднювачами досліджуваних проб ґрунту та проб ґрунтів до та після проведення фіторемедіації двома видами рослин. Це дозволило встановити, які хімічні сполуки присутні в забрудненому ґрунті до фіторемедіації та після фіторемедіації.

Спочатку я провела дослідження з бензином, яке полягає у встановленні хімічних сполук, що входять до його складу, і часу їх виділення, що дозволило побудувати хроматограму.

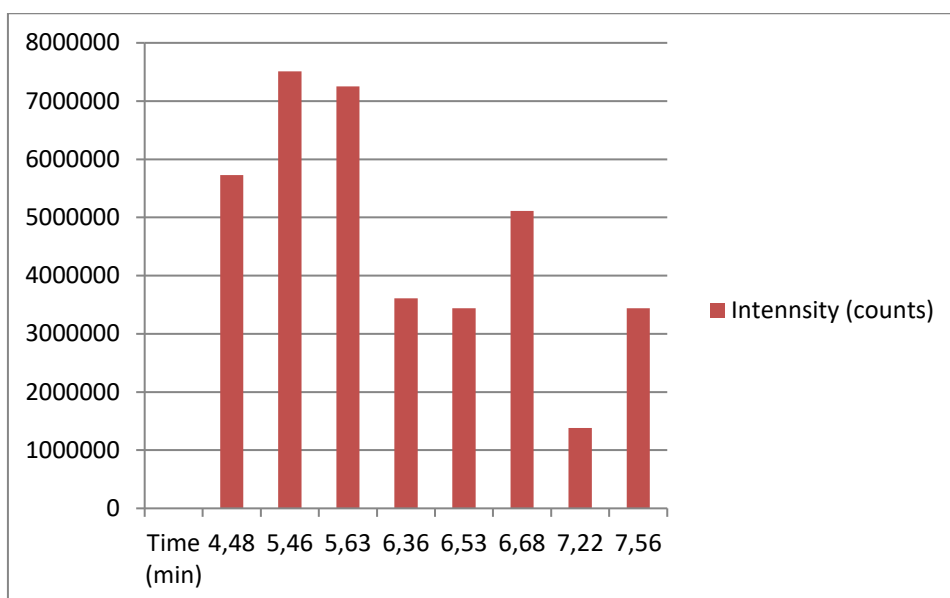


Рис. 4.7. Еталонна хроматограма бензину

Таблиця 4.4 .

Наявність хімічних сполук у ґрунті, забрудненому бензином до та після фітореMediaції.

Час (хв) Бензин	Знайдені речовини в еталоні	Речовини, виявлені в зразку забрудненого ґрунту	Речовини, виявлені в ґрунті після фітореMediaції (вісія і авена)
4,48	Октан; гептан; 2,6-диметил.	Октан; гептан; 2,6-диметил.	Октан; гептан; 2,6-диметил.
5,46	Гептан, 2-метил, гексан, 2,5 диметил,	Гептан, 2-метил, гексан, 2,5-диметил,	Гептан, 2-метил, гексан, 2,5-диметил,
5,63	3-метил, пентан,	3-метил, пентан,	3-метил, пентан,
6,36	2Н-Піран	2Н-Піран	2Н-Піран
6,53	1,1-оксибіс, 1-гексадеканол; Nonane	1,1-оксибіс, 1-гексадеканол; Nonane	1,1-оксибіс, 1-гексадеканол; Nonane
6,68	3,3-діетил.	3,3-діетил.	3,3-діетил.
7,22	Етилбензол	Етилбензол	Етилбензол
7,56	Октан, 3-метил; Ундекан, 6-метил.	Октан, 3-метил; Ундекан, 6-метил.	Октан, 3-метил; Ундекан, 6-метил.

Встановлено, що сполуки з яких складається бензин залишаються в ґрунті після фітореємедіації вікою, також після фітореємедіації овсом.

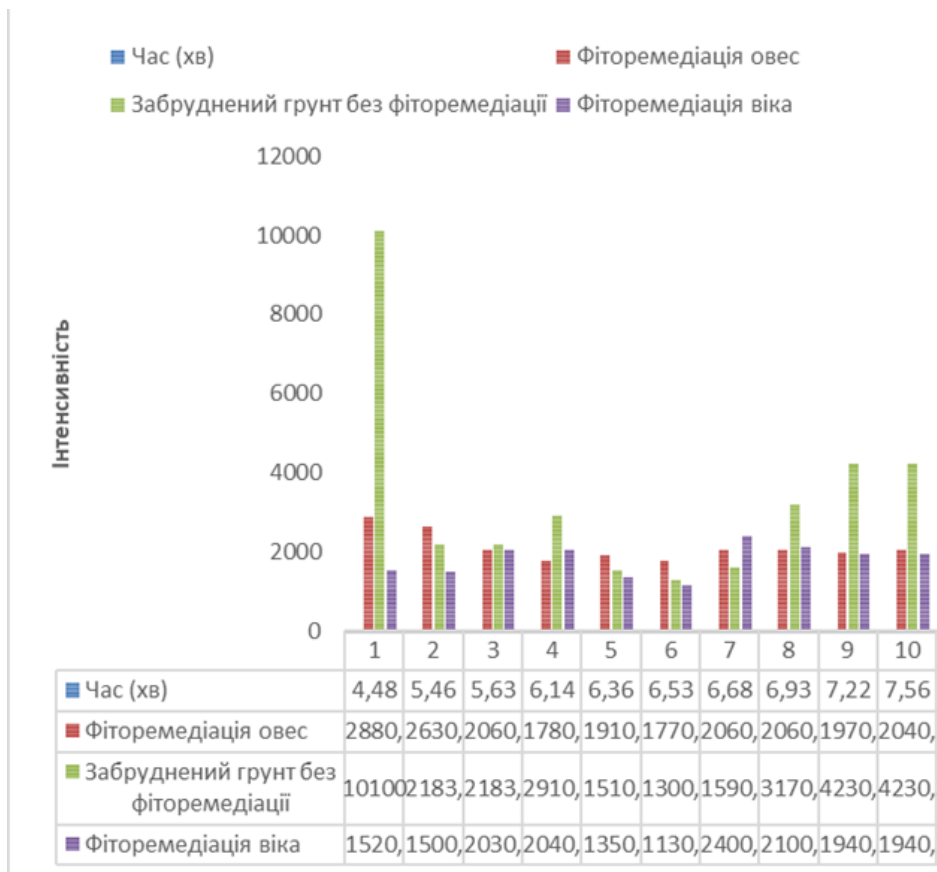


Рис. 4.8. Порівняльна діаграма хроматограм забрудненого бензином ґрунту до та після фітореємедіації

Наступним етапом було проведення дослідження проби ґрунту забрудненого дизельним паливом до та після проведення процесу фітореємедіації

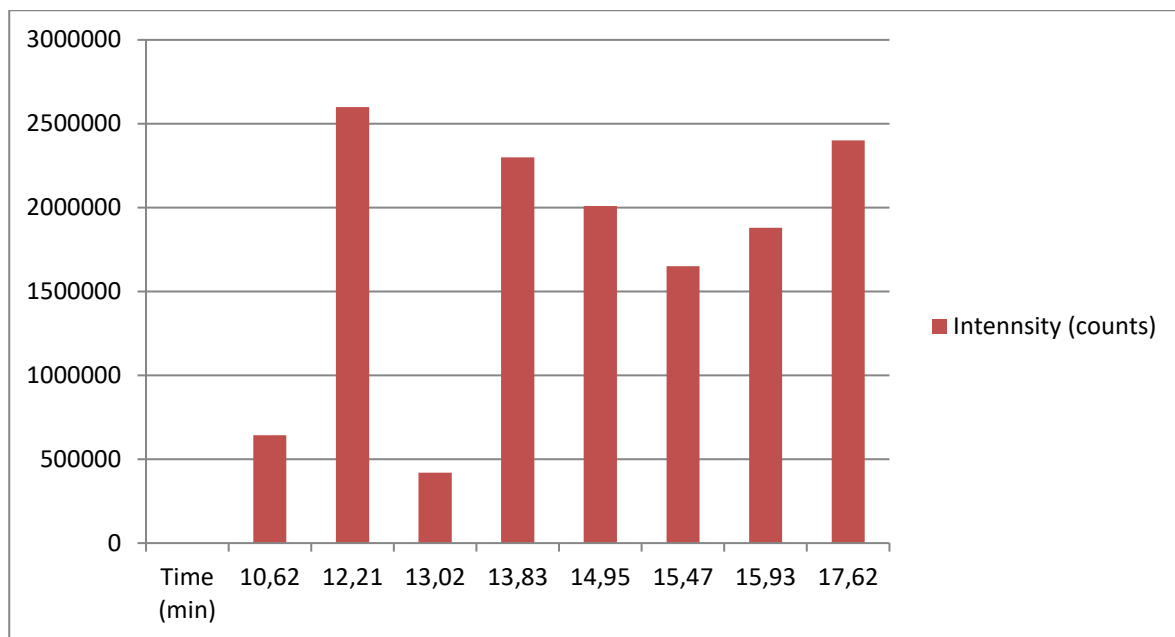


Рис. 4.9. Еталонна хроматограма дизельного палива

Таблиця 4.5.

Наявність хімічних сполук у ґрунті, забрудненому дизельним паливом до та після фітореMediaції.

Час(хв)	Знайдені речовини в еталоні	Речовини, виявлені в зразку забрудненого ґрунту	Речовини, виявлені в ґрунті після фітореMediaції (віка, овес)
10,62	Бензол, 1,2,3-триметил.	Бензол, 1,2,3-триметил.	Бензол, 1,2,3-триметил.
12,21	Ундекан	Ундекан	Ундекан
13,02	1Н-інден ; 2,3-дигідро ; 1,2-диметі; (2-метил-1-бутеніл); (1-2-пропеніл)	1Н-інден ; 2,3-дигідро ; 1,2-диметі; (2-метил-1-бутеніл); (1-2-пропеніл)	1Н-інден ; 2,3-дигідро ; 1,2-диметі; (2-метил-1-бутеніл); (1-2-пропеніл)
13,83	Тридекан	Тридекан	Тридекан
14,95	Пентадекан	Пентадекан	Пентадекан
15,47	Гексадекан	Гексадекан	Гексадекан
15,93	Гептадекан; Нонадекан.	Гептадекан; Нонадекан.	Гептадекан; Нонадекан.
17,62	9-октадеценова кислота; 8-октадеценова кислота, метиловий ефір,	9-октадеценова кислота; 8-октадеценова кислота, метиловий ефір	9-октадеценова кислота; 8-октадеценова кислота, метиловий ефір

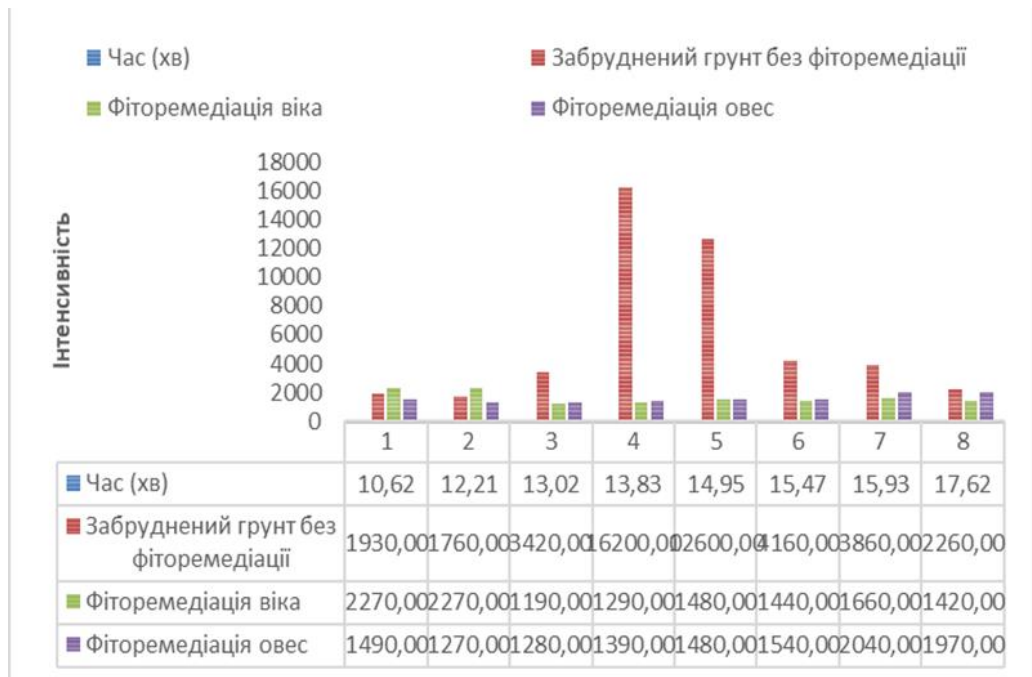


Рис.4.10. Порівняльна діаграма хроматограм забрудненого дизельним паливним ґрунту до та після фітореMediaції

Встановлено, що вміст цього нафтопродукту та його сполук зберігся після процесу фітореMediaції віки звичайної та овса .

Далі я провела хроматографічний аналіз зразка дизельного палива та визначила наявні в ньому хімічні сполуки.

Також я провела хроматографічний аналіз проби гасу.

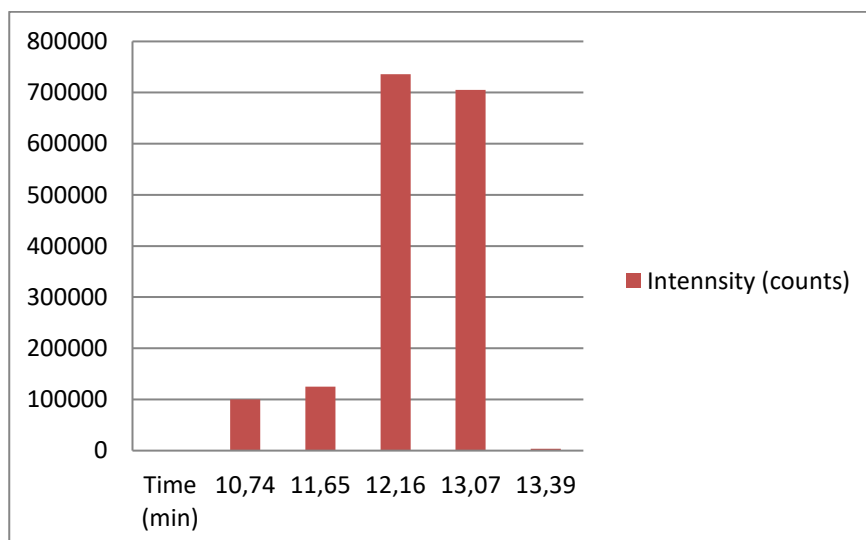


Рис.4. 11. Еталонна хроматограма гасу

Я виявила, що хімічні сполуки гасу залишаються в забрудненому ґрунті після фітореMediaції з овсом та вікою звичайною .

Наявність хімічних сполук у ґрунті, забрудненому гасом , до та після фітореMediaції.

Час (хв) Гас	Знайдені речовини в еталоні	Речовини, виявлені в зразку забрудненого ґрунту	Речовини, виявлені в ґрунті після фітореMediaції (віки, овса)
10,74	Додекан ; 1-фтор, 2,4,6,8-тетраметил ; 1-ундецен; Пентан ; 2,3-диметил	Додекан ; 1-фтор, 2,4,6,8-тетраметил ; 1-ундецен; Пентан ; 2,3-диметил	Додекан ; 1-фтор, 2,4,6,8-тетраметил ; 1-ундецен; Пентан ; 2,3-диметил
11,65	Нафталін, декагідро-транс	Нафталін, декагідро-транс	Нафталін, декагідро-транс
12,16	Ундекан	Ундекан	Ундекан
13,07	Додекан	Додекан	Додекан
13,39	Циклопентан, 1-метил ; 2-пропен; Циклогексанметанол .	Циклопентан, 1-метил ; 2-пропен; Циклогексанметанол	Циклопентан, 1-метил ; 2-пропен; Циклогексанметанол

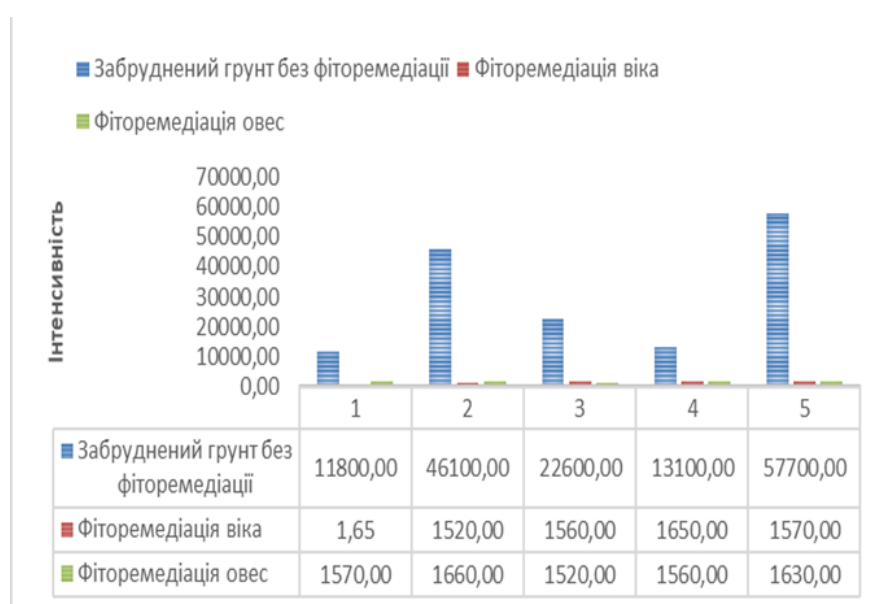


Рис. 4.12. Порівняльна діаграма хроматограм аналізу забрудненого дизельним паливом ґрунту до та після фітореMediaції

Проведені дослідження підтвердили наявність у ґрунті після фітореMediaції сполук бензину, гасу та дизельного палива. Для достовірності цих результатів, паралельно з аналізом еталонів трьох нафтопродуктів, досліджували забруднений ними ґрунт до та після фітореMediaції.

Жоден із двох видів висаджених рослин повністю не очистив ґрунт від цих речовин, але у відсотковому відношенні віка звичайна показала кращі результати.

На останньому етапі досліджень я визначила масу нафтопродуктів для ґрунту, забрудненого трьома видами нафтопродуктів, а саме бензином, гасом та дизпаливом без фітореMediaційних заходів. Отримані результати занесла в таблицю.

Таблиця 4. 7.

Ґрунт без фітореMediaції

Вид забрудника	Вага посуду (г)	Посуд з нафтопродуктами м (г)	Вага нафтопродукту (г)
Бензин	52,7046	52,7351	0,0305
Гас	50,5506	50,7951	0,2445
Дизельне паливо	55,3848	55,8839	0,4991

Далі я провела вилучення нафтопродуктів з ґрунту після фітореMediaції раніше обраними рослинами (віка звичайна, овес). Розчинником був обраний хлороформ, а для випарювання на другому етапі – гексан. Отримані результати занесла до таблиці.

Ґрунт з фіторе mediaцією

Тип нафто-продукту	Вміст нафтопродукту, г		
	Проба ґрунту до фіторе mediaції	Після пророщування віки	Після пророщуванні вівса
Бензин	0,0305	0,005	0,0055
Гас	0,2445	0,0014	0,0011
Дизельне паливо	0,4991	0,0076	0,009

Встановлено, що маса забруднюючих речовин значно зменшилася. Для більш наочної демонстрації результату я розрахував різницю маси нафтопродуктів у забрудненому ґрунті та після природних заходів очищення.

4.2. Висновки до розділу

Отже, аналізуючи результати експерименту можна стверджувати, що всі без винятку рослини віки зазнали впливу забруднювача. У нормі на 10 день вирощування рослина має мати 4-10 листків, висоту до 20 см і розгалужене кореневище. Проба №1 найбільш розвинена з досліджуваних, але її показники втричі менші за норму.

Також можна зробити висновок, що отримані показники росту більшості рослин овса нижчі за норму на 1-2 см, що свідчить про незначний вплив забруднювача, який міститься в субстраті. Крім того, під час експерименту я виявила, що овес є більш стійкими до забруднюючих речовин і умов проростання, ніж віка. Проте при проведенні більш точних досліджень та вимірювань за допомогою спеціальної техніки, встановлено, що віка звичайна краще відновлює забруднені ґрунти.

РОЗДІЛ 5. ОХОРОНА ПРАЦІ

5.1. Загальні вимоги безпеки

Робота в лабораторії з нафтопродуктами вимагає високих стандартів безпеки для забезпечення захисту працівників від потенційних ризиків та небезпек, пов'язаних із хімічними речовинами цього типу. Загальні вимоги безпеки для роботи в таких лабораторіях охоплюють кілька ключових аспектів, спрямованих на мінімізацію можливих загроз та підвищення рівня безпеки працівників.

Обладнання грає важливу роль у забезпеченні безпеки в лабораторії. Ефективна система вентиляції повинна бути належно налаштована для видалення випарів та газів, щоб уникнути їхньої концентрації в робочому середовищі. Регулярне обслуговування та перевірка системи вентиляції важливі для забезпечення безпеки робочого простору.

Наявність обладнання для ліквідації аварій та витоків є важливими для оперативного вирішення надзвичайних ситуацій під час проведення експериментальних дослідження, наприклад при роботі з нафтопродуктами, зважаючи на їх легкозаймистість, обов'язковою є наявність вогнегасників. Робочий персонал повинен бути належно навчений використовувати вогнегасники, сорбенти та інші первинні засоби пожежогасіння, розташування яких прописане у вказівках відповідно до ДСТУ EN ISO 7010:2019 «Протипожежний захист. Знаки безпеки. Форма та колір» (ISO 6309:1987, IDT). У План екстреного виходу та позначення аварійних виходів також важливі для забезпечення евакуації персоналу у випадку аварії.

Особистий захист персоналу є необхідним компонентом безпеки в лабораторії з нафтопродуктами. Використання відповідного захисного обладнання, такого як респіратори, окуляри та рукавички, допомагає уникнути потенційних ризиків для здоров'я та регламентується нормативним документом: «Положення про порядок забезпечення працівників спеціальним одягом, спеціальним взуттям та іншими

засобами індивідуального захисту» (НПАОП 0.00-7.17-18). Загалом засоби індивідуального захисту (ЗІЗ), повинні відповідати вимогам «Технічного регламенту засобів індивідуального захисту», що затверджений постановою Кабінету Міністрів України від 27 серпня 2008 року №761, ДСТУ 7239:2011 «ССБП. Засоби індивідуального захисту. Загальні вимоги та класифікація», а також ДСТУ EN 467-2003 «Одяг захисний. Захист від рідких хімікатів. Вимоги до предметів одягу, що забезпечують захист частин тіла».

Навчання та інструктажі з безпеки є важливим елементом упевненості працівників у їхній здатності працювати з нафтопродуктами безпечно. Регулярні тренінги, які охоплюють правила роботи та реакції на можливі аварійні ситуації, забезпечують високий рівень свідомості та готовності персоналу.

Отже, регулярні перевірки стану обладнання та технічного забезпечення лабораторії, а також аудити безпеки дозволяють виявляти можливі порушення та ризики, що допомагає усувати їх до виникнення серйозних проблем.

5.2. Правила поводження з нафтопродуктами. Вентиляція та безпека дихання

Правильне поводження з нафтопродуктами в лабораторії є критично важливим для забезпечення безпеки працівників та запобігання можливим ризикам і небезпекам, пов'язаним із цими речовинами. Правила та процедури поводження з нафтопродуктами включають у себе широкий спектр заходів, спрямованих на запобігання можливим аварійним ситуаціям та забезпечення безпечних умов роботи.

Усі працівники повинні бути належним чином забезпечені засобами індивідуального захисту. Це сприяє уникненню прямого контакту з нафтопродуктами та мінімізації ризику впливу на здоров'я та безпеку працівників.

Контроль за витоками нафтопродуктів є іншим важливим аспектом безпеки. Ретельна перевірка та негайна ліквідація витоків допомагає уникнути забруднення робочого середовища та подальших проблем. Також важливо обмежити доступ неуповноваженим особам до лабораторії, щоб уникнути можливих небезпек та

забезпечити безпеку працівників.

У контексті вентиляції та безпеки дихання, ефективна система вентиляції грає важливу роль у забезпеченні чистого повітря та видаленні випарів із робочого простору. Регулярна перевірка та обслуговування цієї системи є важливою для її ефективності. Розташування обладнання також грає важливу роль у мінімізації можливості вдихання працівниками шкідливих речовин.

Моніторинг якості повітря в лабораторії важливий для вчасного виявлення будь-яких аномалій чи відхилень від стандартів. Працівникам повинні бути надані відповідні інструкції щодо використання респіраторів та інших засобів захисту дихальних шляхів. Забезпечення евакуаційних планів у разі аварії також важливо для швидкої реакції на непередбачені ситуації та забезпечення безпеки працівників.

5.3. Перша допомога та утилізація відходів

Робота з нафтопродуктами в лабораторному середовищі може призвести до ризиків та непередбачених ситуацій, які вимагають належної готовності до надання першої допомоги та правильної утилізації відходів.

Перша допомога при роботі з нафтопродуктами:

При травмах чи потраплянні нафтопродуктів на шкіру чи в дихальну систему працівників важливо негайно застосовувати принципи першої допомоги:

- Викликати екстренту допомоги. У разі травми або впливу нафтопродуктів, негайно викликати медичну допомогу та повідомити про характер травми чи забруднення.

- Видалення забруднення. Забезпечити безпечне видалення нафтопродуктів з постраждалого, уникаючи контакту із самими речовинами.

- Надання допомоги дихальній системі. В разі вдихання чи контакту з відпаровуваннями, надати постраждалому доступ до свіжого повітря та терміново звернутися за медичною допомогою.

- Постійний моніторинг стану постраждалого. Здійснювати постійний моніторинг стану постраждалого до прибуття медичної допомоги.

Утилізація відходів:

В умовах лабораторії, ефективна утилізація відходів є критично важливою для збереження навколишнього середовища та забезпечення безпеки працівників.

Необхідно ретельно визначати та сортувати відходи від лабораторних експериментів, враховуючи їхній ступінь небезпеки внаслідок контакту з нафтопродуктами.

Обов'язковими є застосування правил безпеки при утилізації, забезпечення використання відповідного захисту та відповідних засобів для утилізації небезпечних відходів; використання сертифікованих утилізаційних служб для видалення небезпечних відходів, та дотримання ними всіх стандартів; здійснення систематичного моніторингу процесів утилізації та їх відповідності стандартам та екологічним нормам.

Загальний підхід до першої допомоги та утилізації відходів при роботі з нафтопродуктами в лабораторії є важливою частиною управління ризиками та забезпеченням безпеки працівників. Спільною метою є не лише збереження здоров'я персоналу, але й дотримання стандартів щодо екологічної відповідальності в лабораторійному середовищі.

5.4. Ризики та потенційні небезпеки

Проведення робіт в лабораторії з нафтопродуктами пов'язане з рядом ризиків та потенційних небезпек, які вимагають уважного аналізу та вжиття ефективних заходів для забезпечення безпеки працівників та оточуючого середовища. Однією з основних небезпек є можливість витоку нафтопродуктів, що може виникнути через недбале поводження, технічні несправності або людські помилки.

Також слід враховувати ризик вдихання випарів нафтопродуктів, що може впливати на здоров'я працівників та призводити до хронічних захворювань дихальної системи. Пожежна небезпека є іншим важливим аспектом, оскільки нафтопродукти можуть мати низьку температуру спалаху та сприяти швидкому поширенню вогню.

Додатковими ризиками є можливість отруєння нафтопродуктами через контакт зі шкірою або ковзання під час робіт з нафтопродуктами, а також небезпека контакту з хімічними реакціями, які можуть виникнути при взаємодії нафтопродуктів з іншими хімічними речовинами у лабораторії.

Крім того, екологічні ризики становлять серйозну загрозу, оскільки неконтрольоване викидання нафтопродуктів може призвести до забруднення ґрунту, водоймищ та навколишнього середовища взагалі.

Необхідно також враховувати можливість аварійних ситуацій, таких як витік чи розсіювання нафтопродуктів внаслідок технічних порушень, що може призвести до серйозних наслідків для здоров'я працівників та довкілля.

Отже, аналіз ризиків та потенційних небезпек при роботі в лабораторії з нафтопродуктами визначається комплексом факторів, включаючи технічні аспекти, процеси роботи та чинники, що впливають на здоров'я та безпеку працівників. Запровадження ефективних стратегій управління ризиками є невід'ємною частиною безпечної роботи в даному лабораторійному середовищі.

5.5. Пожежна безпека в лабораторії при роботі з нафтопродуктами

При роботі в лабораторії з нафтопродуктами дотримання пожежної безпеки є важливою складовою для забезпечення безпечного та ефективного ведення експериментів і досліджень, оскільки нафтопродукти є легкозаймистими та потенційно небезпечними матеріалами. Забезпечення безпеки в цьому середовищі є важливим завданням, щоб уникнути негативних наслідків, таких як пожежі, травми працівників та матеріальні збитки.

Перш за все, необхідно ретельно контролювати стан засобів пожежогасіння в лабораторії. Вогнегасники повинні бути завжди готові до використання, а працівники повинні бути ознайомлені з їхнім розташуванням та способом використання. Це може врятувати час у випадку виникнення пожежі та допомогти у її швидкому ліквідуванні.

Далі, слід враховувати особливості зберігання легкозаймистих матеріалів та

реактивів. Вони повинні бути відокремлені від джерел тепла та вогню, а також зберігатися відповідно до встановлених правил безпеки. Ретельний моніторинг стану електроустаткування та електричних приладів також є обов'язковим, оскільки несправні електричні системи можуть стати джерелом загрози.

Необхідно уникати використання відкритого вогню та куріння в лабораторії. Важливо забезпечити належний вентиляційний обмін для запобігання накопиченню легкозаймистих парів, які можуть призвести до пожежі. Збереження чистоти та порядку в лабораторії також сприяє пожежній безпеці, ускладнюючи виникнення ситуацій, що можуть викликати загорання.

В разі виникнення пожежі важливо негайно викликати службу пожежної безпеки та вжити заходів для локалізації вогнища. Великі пожежі слід залишити на розсуд професіоналів, не ризикуючи власним здоров'ям. Також необхідно ознайомити персонал з планом евакуації та місцем збору для забезпечення безпечного виходу в разі необхідності.

Загалом, дотримання простих правил пожежної безпеки в лабораторії з нафтопродуктами є важливою передумовою для успішного та безпечного проведення експериментів та досліджень. Це вимагає уважності, дисципліни та готовності діяти в непередбачуваних ситуаціях, щоб забезпечити безпеку всього колективу та уникнути можливих наслідків аварійних ситуацій.

5.6. Системи безпеки та евакуаційний план

Системи безпеки та евакуаційний план є ключовими компонентами безпекового управління при роботі в лабораторії з нафтопродуктами. Дотримання високих стандартів охорони праці та вчасна реакція на можливі небезпеки дозволяють забезпечити безпечні умови для працівників та запобігти потенційним аварійним ситуаціям.

Системи безпеки

Розробка та впровадження систем безпеки в лабораторії з нафтопродуктами включає в себе кілька важливих елементів. Перш за все, це вимагає ретельного

аналізу ризиків та встановлення заходів з їх зменшення. Основна увага приділяється правильному обладнанню приміщень, використанню відповідних засобів індивідуального захисту та контролю за витоками нафтопродуктів.

Ефективна система вентиляції грає ключову роль у забезпеченні чистого повітря та видаленні випарів із робочого простору. Регулярна перевірка та обслуговування цієї системи є важливою для її ефективності. Також важливо навчати працівників правильному використанню засобів індивідуального захисту та дотриманню всіх встановлених процедур безпеки.

Евакуаційний план

Розробка евакуаційного плану враховує можливість аварій та інших непередбачених ситуацій. Ефективний план передбачає встановлення безпечних маршрутів евакуації, розміщення евакуаційних виходів та надання чітких інструкцій щодо дій працівників у випадку аварії.

Надзвичайні ситуації повинні бути чітко ідентифіковані, і працівники повинні регулярно навчатися діяти у випадку екстрених ситуацій. Проведення навчань та тренувань є важливою складовою для забезпечення готовності персоналу до швидкої та безпечної евакуації.

Узагальнюючи, системи безпеки та евакуаційні плани в лабораторії з нафтопродуктами грають критичну роль у забезпеченні безпеки працівників та запобіганні можливим небезпекам. Ретельна розробка та систематична перевірка цих аспектів є важливою для підтримки безпечних робочих умов у даному лабораторійному середовищі.

5.6. Розробка інструкції при роботі з нафтопродуктами в лабораторії екологічної хімії

Робота в лабораторії з нафтопродуктами вимагає високого рівня відповідальності та дотримання суворих стандартів охорони праці для забезпечення безпеки працівників та уникнення можливих небезпек. Цей розділ надає інструкції та рекомендації, спрямовані на забезпечення ефективної системи охорони праці в

лабораторійному середовищі з нафтопродуктами.

Основні принципи безпеки в лабораторії з нафтопродуктами:

Особистий захист- забезпечення, всіх працівників засобами індивідуального захисту, такими як респіратори, окуляри, рукавички відповідно до норм,

Контроль за витокami- ретельний контроль можливих витоків нафтопродуктів та вживайте заходів для їх швидкої ліквідації. Заборона витоків та ретельний моніторинг можливих ризиків є ключовими.

Обмеження доступу- це обмеження доступу до лабораторії лише для уповноваженим персоналу, який отримав відповідну підготовку та інструкції з охорони праці.

Вентиляція та контроль за середовищем- система вентиляції в лабораторії повинна працювати належним чином та регулярно перевірятися. Вона повинна забезпечувати ефективне видалення випарів та газів.

Правильне розташування обладнання- розташування робочого обладнання так, щоб мінімізувати можливість вдихання працівниками шкідливих речовин та максимізувати ефективність вентиляції.

Моніторинг якості повітря- регулярний моніторинг якості повітря в лабораторії, з використанням відповідного обладнання. Здійснення періодичних перевірок для виявлення відхилень від норм.

Навчання персоналу- забезпечення персоналу відповідної підготовки та тренінгу з охорони праці, включаючи правила роботи з нафтопродуктами та реакцію на можливі аварійні ситуації.

Ця інструкція є важливим інструментом для забезпечення безпеки та дотримання стандартів охорони праці при роботі в лабораторії з нафтопродуктами. Застосування цього алгоритму організації роботи допоможе зменшити ризики та забезпечить безпечне та ефективне робоче середовище для всього персоналу лабораторії.

ВИСНОВКИ

Забруднення ґрунтів нафтопродуктами є серйозною екологічною проблемою, яка може мати негативні наслідки для навколишнього середовища та здоров'я людини. Особливості забруднення ґрунтів різними видами нафтопродуктів, такими як бензин, дизельне паливо та авіаційний гас, вимагають уваги через їхні відмінності в хімічному складі та фізичних властивостях.

ФітореMediaційні методи виявляються ефективними для відновлення ґрунтів, забруднених нафтопродуктами, і стають перспективним рішенням для екологічних проблем. Особливість цих методів полягає в використанні рослин для очищення середовища від забруднюючих речовин.

ФітореMediaція забезпечується за участю спеціальних видів рослин, які мають здатність накопичувати, метаболізувати та розкладати нафтопродукти. Ці рослини, відомі як фітоекстрактори, активно взаємодіють з забрудненим ґрунтом, а їхні корені вбирають нафтопродукти, сприяючи їхньому знищенню або конвертації в менш токсичні сполуки. Потенціал фітореMediaції для відновлення нафтозабруднених ґрунтів є значним, та максимально задіює природні механізми самоочищення ґрунту від забруднення нафтопродуктами.

Фітомеліорація, або використання спеціально вибраних рослин для поліпшення структури та фертильності ґрунту, є ще однією важливою складовою фітореMediaції. Рослини, які відіграють роль фітомеліораторів, можуть покращити ґрунтові властивості, сприяючи його відновленню та забезпечуючи оптимальні умови для активності мікроорганізмів, що займаються фітодеградацією.

Проаналізувавши отримані результати, можна стверджувати, що всі без винятку рослини віки зазнали впливу забруднювача. У нормі на 10 день вирощування рослина має мати 4-10 листків, висоту до 20 см і розгалужене кореневище. Проба №1 найбільш розвинена з досліджуваних, але її показники втричі менші за норму.

Також можна зробити висновок, що отримані показники росту більшості

рослин овса нижчі за норму на 1-2 см, що свідчить про незначний вплив забруднювача, який міститься в субстраті. Крім того, під час експерименту я виявила, що овес є більш стійкими до забруднюючих речовин і умов проростання, ніж віка. Проте при проведенні більш точних досліджень та вимірювань за допомогою спеціальної техніки, встановлено, що віка звичайна краще відновлює забруднені ґрунти.

СПИСОК БІБЛІОГРАФІЧНИХ ПОСИЛАНЬ ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Маджд С. М., Франчук Г. М. Біологічні методи оцінки екологічного стану ґрунтів біля авіапідприємств. Екологічна безпека та природокористування. 2012. Вип. 11. С. 49–52. 6.
2. Абросімов А. А. Екологія переробки вуглеводневих систем / А. А. Абросімов, М. Ю. Долوماتова, Р. Теляшева. М. : Хімія, 2002. 608 с.
3. Андресон Р. К. Вивчення чинників, які впливають на біорозклади нафти у ґрунті / Р. К. Андресон, Л. А. Пропадуця / Корозія і захист нафтогазовидобувної промисловості, 1979. 30–32 с.
4. Рекомендации по рекультивации нефтезагрязненных земель / С. А. Алієв, Д. В. Гвозденко, М. П. Бабаєв, Д. А. Гаджиев. Баку : Элм, 1981. 26 с.
5. Снітинський В. В. Ґрунтознавство з основами агрохімії та геоботаніки / В. В. Снітинський, В. Ф. Якобенчук. Л. : Аверс, 2006. 312 с.
6. Клімова Н. Деякі питання методики оцінки стану забруднення ґрунтів унаслідок нафтогазовидобутку / Н. Клімова: Вісник Львівського університету, 2006.
7. Лисиця А.В. Біоіндикація і біотестування забруднених територій. Методичні рекомендації до самостійного вивчення дисципліни. Рівне: Дока-центр, 2018. – 94 с.
8. Diez T. Schwermetallgehalte und Schwermetallanreicherung in landwirtschaftlich genutzten Boden Bayerns / T. Diez, H. Krauss // Bayer. Landwirt. Jahrb. – 1992. – Bd. 69, N 3. – S. 343–355.
9. Ачасова А. Просторова неоднорідність вмісту важких металів у ґрунті // Вісник аграрної науки. – 2003. – № 3. – С. 77–78.
10. Бреславець А.І. Техногенно забруднені ґрунти та шляхи їх поліпшення. Проблеми охорони навколишнього природного середовища та екологічної безпеки: зб. наук. пр. / під ред. Г.Д. Коваленко. Харків: Райдер, 2009; 31: 189–202.
11. Василенко П. А. Аналіз сучасних вітчизняних і зарубіжних концепцій виробничого екологічного моніторингу нафтогазового комплексу та ліквідації 76

наслідків надзвичайних ситуацій на цих об'єктах / П. А. Василенко, С. Г. Корниенко. – М. : НПНГ, 1997. – 33 с.

12. Горова А. І. Оцінка токсичності ґрунтів Червоноградського гірничопромислового району за допомогою ростового тесту / А. І. Горова, С. Л. Кулина // Вісник Львівського університету, серія Біологія. – 2008. – Вип. 48. – С. 189-194.

13. Джура Н. Екотоксикологічний моніторинг нафтозабруднених ґрунтів / Н. Джура, Л. Шевчик, О. Романюк, О. Терек // Молодь і поступ біології: Збірник тез VIII міжнар. конф. студентів та аспірантів (м. Львів, 5-8 квітня 2011 р.). – Львів, 2011. – С. 318-319. 57

14. Джура Н. М. Вплив нафтового забруднення на вміст макро- та мікроелементів у рослинах *Carex hirta* L. / Н. М. Джура, О. М. Цвілинюк, О. І. Терек // Укр. ботан. журн. – 2007. Т. 64, № 1. – С. 122-131.

15. Джура Н. М. Можливості використання рослинних тест-систем для біомоніторингу нафтозабруднених ґрунтів / Н.М. Джура // Біологічні Студії / *Studia Biologica*. – 2011. – Том 5, №3. – С. 183-196.

16. Джура Н. М. Перспективи фітореMediaції нафтозабруднених ґрунтів рослинами *Faba bona Medic. (Vicia faba L.)* / Н. М. Джура // Вісник Львівського університету. Сер. біол. – 2011. – Вип. 57. – С.117-124

17. Карпин О. Вплив нафтового забруднення ґрунту на ростові показники, вміст пероксиду водню і активність пероксидази рослин бобу / Н. Джура, О. Цвілинюк // Вісник Львів. ун-ту. Сер. Біол. – Л.: 2008 – С. 160–165.

18. Клименко М. О. Моніторинг довкілля: Підручник / М. О. Клименко, А. М. Прищепа, Н. М. Вознюк. – К.: Видавничий центр “Академія”, 2006. – 360с

19. Ковда В. А. Екологічний моніторинг: концепція, принципи організації / В. А. Ковда, А. С. Керженцев // Регіональний екологічний моніторинг. – М.: Наука, 1983. – 264 с.

20. Коронеллі Т.В. Принципи і методи інтенсифікації біологічного руйнування вуглеводнів у навколишньому середовищі (огляд) / Т.В. Коронеллі // Прикладна біохімія та мікробіологія.-1996.- 32, № 6.- С.579-585 77

21. . Гольдберг В. М. Техногенне забруднення природних вод вуглеводнями і його екологічні наслідки / В.М. Гольдберг, В.П. Зверев, А.І. Арбузов, и др М .: Наука, 2001.-125с 33. 20.
22. Шляхи підвищення техногенної безпеки об'єктів довкілля, забруднених нафтопродуктами [Електронний ресурс] – Режим доступу до ресурсу: https://idubgd.edu.ua/sites/default/files/3_nauka/konkurs/naftoprodukti_.pdf.
23. Крайнюков О. М. Моніторинг довкілля (моніторинг нафтогазоносних територій) / О. М. Крайнюков, А. Н. Некос. Х. : Фоліо, 2015. 203 с.
24. Маджд С. М., Кальницька Д. Д. Визначення категорій екологічних аспектів підприємств цивільної авіації (на прикладі міжнародного аеропорту «Бориспіль»)
25. Моніторинг довкілля : підручник. В. М. Боголюбов та ін. ; під ред. В. М. Боголюбова. 2-е вид., перероб. і доп. Вінниця : ВНТУ, 2010. 232 с.,
26. Мэнинг У. Дж., Фелер У.А. Биомониторинг загрязнения атмосферы с помощью растений. - М.: Гидрометеиздат, 1985. - 143с.
27. Ольхович О. П. Фітоіндикація та фітомоніторинг / О. П. Ольхович, М. М. Мусієнко. – К.: Фітосоціоцентр, 2005. – 64 с
28. Подан І. І. Вплив нафтового забруднення і гуматів на ріст рослин міскантусу / І. І. Подан, Н. М. Джура // Екологічні науки: науково-практичний журнал: К. –2019. – ДЕА, (2).– С 25–29. 23. Романюк О. І. Екологічна оцінка та фітореMediaція нафтозабруднених ґрунтів : дис. канд. хім. наук : 03.00.16 еколог / Романюк Ольга Іванівна – Львів, 2017.
29. Постанова Кабінету Міністрів України від 20.08.1993 № 661 «Про затвердження Положення про моніторинг земель»
30. Постанова Кабінету Міністрів України від 26.02.2004 № 51 «Про затвердження Положення про моніторинг ґрунтів на землях сільськогосподарського призначення»
31. Суть фітореMediaції [Електронний ресурс] – Режим доступу до ресурсу: <http://www.novaecologia.org/voecos-743-2.html>.
32. Фесенко І. М. Оцінка та контроль впливу відходів буріння нафтогазових

свердловин на ґрунти / І. М. Фесенко, І. А. Решетов, М. М. Фесенко // Екологія довкілля та безпека життєдіяльності, 2003. 36–40 с. 75