

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
«ЕКОЛОГІЯ ТА ОХОРОНА НАВКОЛИШНЬОГО СЕРЕДОВИЩА»

**Тема: «Оцінка здатності порушених під дією нафтопродуктів ґрунтів до
самовідновлення»**

Виконавець: здобувач групи ЕК-201М Стоцький Михайло Миколайович
(студент, група, прізвище, ім'я, по батькові)

Керівник: к.т.н., доцент Черняк Лариса Миколаївна
(науковий ступінь, вчене звання, прізвище, ім'я, по батькові)

Консультант розділу «Охорона праці»: _____
(підпис)

Катерина КАЖАН
(П.І.Б.)

Нормоконтролер: _____
(підпис)

Адріан ЯВНЮК
(П.І.Б.)

КИЇВ 2023

НАЦІОНАЛЬНИЙ АВІАЦІЙНИЙ УНІВЕРСИТЕТ

Факультет екологічної безпеки, інженерії та технологій

Кафедра екології

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

(шифр, найменування)

ЗАТВЕРДЖУЮ

Завідувач кафедри

_____ Тамара ДУДАР

«_____» _____ 2023 р.

ЗАВДАННЯ

на виконання кваліфікаційної роботи

Стоцького Михайла Миколайовича

1. Тема роботи «Оцінка здатності порушених під дією нафтопродуктів ґрунтів до самовідновлення» затверджена наказом ректора від «10» липня 2023 р. №1096/ст.
2. Термін виконання роботи: з 02.10.2023 р. по 31.12.2023 р.
3. Вихідні дані роботи: характеристика ґрунту, що обрано для дослідження та методика проведення фіторе mediaції ґрунту, штучно забруднений авіаційним керосином, отримані експериментальні дані з викоистанням методики біотестування проб ґрунту.
4. Зміст пояснювальної записки: вступ, аналіз проблеми впливу на навколишнє середовище аеропортів, вплив нафтопродуктів на екологічний стан ґрунту на території авіапідприємств, оцінка впливу нафтопродуктів на екологічний стан ґрунту на території авіапідприємств.
5. Перелік обов'язкового графічного (ілюстративного) матеріалу: таблиці, рисунки.

6. Календарний план-графік

№ з/п	Завдання	Термін виконання	Підпис керівника
1.	Складання літературного огляду по темі	03.10.2023	
2.	Опрацювання закордонних та вітчизняних літературних джерел	05.10.2023-07.10.2023	
3.	Проведення дослідів	07-30.10.2023	
4.	Опрацювання інформації (групування, зведення у таблиці, побудова схем, графіків)	1.11-14.12.2023	
5.	Обробка і оформлення вихідних матеріалів кваліфікаційної роботи	20-30.11.2022	
6.	Формування висновків і рекомендацій	01-04.12.2023	
7.	Оформлення кваліфікаційної роботи згідно вимог діючих стандартів	05.12-14.12.2023	
8.	Передзахист кваліфікаційної роботи (II етап)	15.12.2023-26.12.2023	
9.	Захист кваліфікаційної роботи	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 БЖД, Катерина КАЖАН		

8. Дата видачі завдання: « ____ » _____ 2023 р.

Керівник кваліфікаційної роботи (проекту): _____ Лариса ЧЕРНЯК
(підпис керівника) (П.І.Б.)

Завдання прийняв до виконання: _____ Михайло СТОЦЬКИЙ
(підпис випускника) (П.І.Б.)

РЕФЕРАТ

Пояснювальна записка до кваліфікаційної роботи «Оцінка здатності порушених під дією нафтопродуктів ґрунтів до самовідновлення»: 69 с., 3 рис., 2 табл., 34 літературне джерело.

Об'єкт дослідження – самовідновлення ґрунтів порушених внаслідок антропогенного навантаження.

Предмет дослідження – ґрунт штучнозабруднений нафтопродуктом.

Мета роботи полягає в проведенні оцінки здатності ґрунтів до самовідновлення після забруднення нафтопродуктами.

Завдання роботи:

1. Аналіз проблеми забруднення ґрунтів нафтопродуктами на транспортних підприємствах.
2. Аналіз способів відновлення якості ґрунтів, забруднених нафтопродуктами.
3. Експериментальне дослідження здатності ґрунту, забрудненого нафтопродуктами, до самовідновлення.

Методи дослідження – монографічний, аналітичний та експериментальні методи дослідження.

НАФТОЗАБРУДНЕНИЙ ГРУНТ, САМОВІДНОВЛЕННЯ ГРУНТУ,
АВІАЦІЙНЕ ПАЛИВО, НАФТОПРОДУКТИ, БІОТЕСТУВАННЯ

ЗМІСТ

ПЕРЕЛІК УМОВНИХ ПОЗНАЧЕНЬ	4
ВСТУП	5
РОЗДІЛ 1. АНАЛІЗ ПРОБЛЕМИ ЗАБРУДНЕННЯ ҐРУНТІВ НАФТОПРОДУКТАМИ НА ТРАНСПОРТНИХ ПІДПРИЄМСТВАХ	
1.1. Основні джерела забруднення	7
1.2. Вплив нафтопродуктів на екологічний стан ґрунтів.....	9
1.3. Висновки до розділу	17
РОЗДІЛ 2. АНАЛІЗ СПОСОБІВ ВІДНОВЛЕННЯ ЯКОСТІ ҐРУНТІВ, ЗАБРУДНЕНИХ НАФТОПРОДУКТАМИ	
2.1. Організаційно-технічні способи відновлення ґрунтів, забруднених нафтопродуктами.....	19
2.2. Способи оцінки здатності ґрунтів до самовідновлення від забруднення нафтопродуктами	33
2.3. Способи відновлення ґрунтів забруднених важкими металами.....	37
2.4. Висновки до розділу.....	43
РОЗДІЛ 3. ЕКСПЕРЕМЕНТАЛЬНЕ ДОСЛІДЖЕННЯ ЗДАТНОСТІ ҐРУНТУ, ЗАБРУДНЕНОГО НАФТОПРОДУКТАМИ, ДО САМОВІДНОВЛЕННЯ	44
РОЗДІЛ 4. ОХОРОНА ПРАЦІ	
4.1. Аналіз шкідливих та небезпечних виробничих факторів в лабораторії	49
4.2. Заходи безпеки при використанні ПММ	51
4.3. Рекомендації для покращення умов праці лаборанта	54
4.4. Пожежна безпека	56
ВИСНОВКИ	60
СПИСОК БІБЛІОГРАФІЧНИХ ПОСИЛАНЬ ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ	62
ДОДАТКИ	66

ПЕРЕЛІК УМОВНИХ ПОЗНАЧЕНЬ

НПС – навколишнє природне середовище

НС – навколишнє середовище

ЦА – цивільна авіація

ВСТУП

Актуальність теми. На сучасному рівні розвитку нафтової промисловості неможливо повністю виключити її негативний вплив на екосистеми. Нафта і нафтопродукти належать до одних із основних забруднювачів навколишнього середовища. Розвиток нафтопереробної промисловості та зростання кількості нафтопродуктів, що використовується для заправлення транспортних засобів супроводжується негативним впливом на усі складові довкілля.

Однією з основних екологічних проблем є забруднення саме ґрунтів нафтою і нафтопродуктами. Тому проблема дослідження здатності ґрунтів забруднених нафтопродуктами до самовідновлення є актуальною.

Мета і завдання виконання кваліфікаційної роботи.

Мета роботи полягає в проведенні оцінки здатності ґрунтів до самовідновлення після забруднення нафтопродуктами.

Завдання роботи:

4. Аналіз проблеми забруднення ґрунтів нафтопродуктами на транспортних підприємствах.
5. Аналіз способів відновлення якості ґрунтів, забруднених нафтопродуктами.
6. Експериментальне дослідження здатності ґрунту, забрудненого нафтопродуктами, до самовідновлення.

Об'єкт дослідження – самовідновлення ґрунтів порушених внаслідок антропогенного навантаження.

Предмет дослідження – ґрунт штучнозабруднений нафтопродуктом.

Методи дослідження – монографічний, аналітичний та експериментальні методи дослідження.

Наукова новизна отриманих результатів. У визначення періоду самовідновлення ґрунту, забрудненого авіаційним керосином.

Практичне значення отриманих результатів. Отримані практичні результати можуть бути використані фахівцями під час розроблення технологій відновлення ґрунтів, забруднених нафтопродуктами.

Особистий внесок випускника: експериментальне дослідження екологічного стану ґрунту за допомогою використання біотестування та аналіз отриманих даних.

РОЗДІЛ 1

АНАЛІЗ ПРОБЛЕМИ ЗАБРУДНЕННЯ ҐРУНТІВ НАФТОПРОДУКТАМИ НА ТРАНСПОРТНИХ ПІДПРИЄМСТВАХ

1.1. Основні джерела забруднення

Нафта та її похідні продукти представляють собою одні з найпоширеніших та потенційно небезпечних джерел техногенного забруднення. Це обумовлено властивістю вуглеводнів утворювати токсичні сполуки в ґрунтах, поверхневих та підземних водах. Різноманітні типи нафтопродуктів суттєво різняться за своїми характеристиками, такими як леткість, в'язкість, розчинність у воді та здатність всмоктуватися в пористі матеріали, такі як ґрунт.

В наш час нафтопродукти стали одними з найбільш розповсюджених та токсичних речовин на територіях, що піддані впливу антропогенної діяльності. Загроза забруднення навколишнього середовища сировою нафтою та її переробленими продуктами настільки гостра, що стосується не лише регіонів, де відбувається видобуток та переробка нафти, але й будь-якої території, оскільки зберігання та транспортування пально-мастильних матеріалів, а також аварійні розливи нафти та її похідних продуктів, є поширеними явищами.

Склад нафти та нафтопродуктів включає речовини, серед яких знаходяться токсичні та часто канцерогенні сполуки. Проникнення нафтових вуглеводнів у ґрунтову масу призводить до наступних наслідків:

1. Зміни в хімічному складі ґрунту, властивостях та структурі. Особливо це відзначається у гумусовому горизонті, де кількість вуглецю різко зростає, але якість ґрунтів як поживного середовища для рослин погіршується. Гідрофобні частинки нафти ускладнюють зволоження коріння рослин, спричиняючи фізіологічні зміни в усьому організмі рослини.

2. Зміни в складі ґрунтового гумусу, зокрема у ліпідних і кислих компонентах. На наступних етапах, за рахунок вуглецю нафти, зростає вміст

нерозчинного гуміну. Це може спричинити зміни у рухливості гумусових компонентів і мікроелементів у ґрунтовому профілі.

3. Різке порушення мікробіоценозу ґрунту.

4. Пригнічення фотосинтетичної активності рослинних організмів, особливо в розвитку ґрунтових водоростей. Реакції цих водоростей залежать від дози нафти в ґрунті та стану ґрунтового та рослинного покриву, від часткового пригнічення до повної загибелі.

5. Тривалого негативного впливу на ґрунтових тварин, що призводить до їх масового видалення. Негативні наслідки забруднення виникають як внаслідок прямого контакту з нафтою, так і через зміну властивостей забруднених ґрунтів.

Отже, проблема забруднення навколишнього середовища нафтою та нафтопродуктами виявляється надзвичайно актуальною. Паливно-мастильні матеріали, коли потрапляють у воду або ґрунт, не лише порушують життєважливі процеси, але й викликають пригнічення мікробного самоочищення та зміни в напрямку метаболічних реакцій. На місцях витoku нафтопродуктів у ґрунт вирощування рослин стає важким чи, навіть, неможливим завдяки негативному впливу на фізичні та хімічні властивості ґрунту, що веде до утруднень у вирощуванні та отриманні природних врожаїв [2].

Розповсюдження нафти та нафтопродуктів виявляється значно ширшим, ніж просто території, де проводиться пряме використання цих матеріалів. Навіть у регіонах, які залишаються поза зоною людської економічної діяльності, вуглеводні можуть переміщатися за допомогою повітряних та водних потоків, забруднюючи віддалені території.

Забруднення ґрунтів нафтою і нафтопродуктами можна класифікувати на локальні та комплексні джерела. Локальне забруднення може призводити до значного та одноразового навантаження ґрунту та води, приносячи серйозні збитки для здоров'я людини та навколишнього середовища. З іншого боку, комплексні джерела можуть включати собою комбінацію локальних джерел і відрізнятися більш тривалим та обширним впливом.

До основних потенційних джерел забруднення можна віднести:

- наземні транспортні засоби;
- нафтові проводи;
- нафтосховища;
- нафтопромисли;
- підприємства, що займаються переробленням нафти;
- транспорт, який перевозить нафтопродукти.

До локальних джерел забруднення ґрунтів можна віднести наземні транспортні засоби, нафтопереробні підприємства, заводи та нафтосховища. Навіть при невеликих об'ємах викидів у ґрунт, їх постійна дія може створювати значний ареал стійкого забруднення ґрунтів.

Нафтопроводи, через які здійснюється транспортування нафти та нафтопродуктів, можна розглядати як найбільш розповсюджені джерела забруднення ґрунтів. При цьому найбільш серйозні наслідки забруднення ґрунтів виникають при аваріях нафтопроводах.

У сфері нафтопромисловості, ключовими джерелами викидів є свердловини, як експлуатаційні, так і розвідувальні. Поза цими джерелами, інші фактори забруднення на нафтопідприємствах включають:

- трубопроводи;
- збірні пункти;
- сховища;
- пункти підготовки нафти.

Отже, проведення екологічного моніторингу ґрунтів під впливом нафтових відходів і нафтопродуктів вимагає комплексного підходу, урахуваючи різні джерела забруднення ґрунтів та види забруднення: хімічні, біохімічні, мікробіологічні та інші [3].

1.2. Вплив нафтопродуктів на екологічний стан ґрунтів

Джерелами забруднення можуть стати об'єкти нафтопродуктового забезпечення, що охоплює всі споруди, пов'язані з видобуванням, зберіганням та

очищенням нафти і стоків, переробкою нафти, транспортуванням нафти і нафтопродуктів, а також їх споживанням, транспортом та забрудненими атмосферними опадами. Дані, представлені в таблиці, свідчать, що основна частина забруднень припадає на транспортування нафти. Звичайні операції танкерів (завантаження баласту, вивантаження від баласту, завантаження та розвантаження нафти), а не аварії, супроводжуються значними втратами нафти.

Забруднення ґрунтів нафтопродуктами внаслідок діяльності автотранспорту відрізняється від аварійних розливів нафти під час видобутку та транспортування, оскільки нафтопродукти проникають поступово у нижні горизонти, розподіляючись по мірі зростання концентрації речовин на поверхні. В Україні споживання нафти за останні роки становило 25–30 млн тонн, що призвело до щільної мережі об'єктів нафтопродуктового забезпечення по всій території. Нафтохімічне навантаження в різних областях відрізняється в 4 рази, а еколого-геологічний ризик – в 2 рази. Це свідчить про те, що практично вся територія України знаходиться під загрозою нафтохімічного забруднення. Площа забрудненої нафтопродуктами території перевищує 30 тисяч гектарів. Найбільш вразливими є підземні води, які мають велике значення для забезпечення населення якісною питною водою [5].

Забруднення атмосфери в зоні великих аеропортів супроводжується значним забрудненням поверхневих вод і ґрунту. Головною причиною цього є скидання виробничих і господарсько-побутових стічних вод, які містять різні шкідливі домішки. Крім того, токсичні речовини осідають на поверхні ґрунтів і водоймах в результаті авіатранспортних процесів.

Джерелами виробничих стічних вод в аеропортах є будівлі та споруди технічного обслуговування повітряних суден (авіаційно-технічна база, допоміжні виробництва і ін.), а також будівлі та споруди підсобних приміщень (склади технічного майна, автобази, пожежне депо, котельні та ін.).

Основними джерелами господарсько-побутових стічних вод є будівлі і споруди, що обслуговують перевезення: аеровокзал, готель, підприємства харчування (кафе, їдальні), а також території авіамістечка, прилеглі до аеропортів. Забруднення водойм і ґрунтів шкідливими речовинами, які входять до складу

стічних вод аеропортів, призводить до серйозної шкоди навколишньому середовищу, флорі та фауні, а також може негативно впливати на здоров'я людей.

Так, забруднення стічних вод нафтопродуктами, що є особливо характерним для аеропортів, призводить до різноманітних і серйозних змін у водних біоценозах та сприяє деградації, а в кінцевому підсумку, до загибелі флори і фауни водою. Важливо зазначити, що стічні води авіапідприємств містять шкідливі органічні сполуки, такі як ацетон і бензол.

Ацетон, який міститься в стічних водах, може викликати подразнення шкіри і слизових оболонок, а також гальмувати процес нітрифікації водою. Бензол, що також присутній у стічних водах, може викликати гостре подразнення і почервоніння шкіри, має токсичний вплив на організм.

Крім того, в стічних водах виробничих ділянок аеропортів можуть міститися різні сполуки алюмінію, берилію, хрому та інших металів, а також різні кислоти і луки, що можуть додатково негативно впливати на водне середовище.

Водорозчинні сполуки алюмінію, серед яких зустрічаються токсичні представники, активно абсорбуються з кишечника в кров, концентруючись в тканинах. Особливо шкідливими для риб є окис алюмінію, азотнокислий і хлористий алюміній.

З'єднання алюмінію негативно впливають на водних представників фауни, а також на флору та мікроорганізми, гальмуючи процеси природного очищення водою. Стічні води, насичені високотоксичними сполуками берилію, виявляють кумулятивний вплив на організми, зокрема сульфат і хлорид берилію.

Берилій спричинює загибель риб та інших водних організмів, заважає процесам природного самоочищення водою і розмноженню мікрофлори.

Хром, який міститься у стічних водах, є канцерогеном та може мати різнобічний вплив на організм людини. Солі хрому проявляють шкідливий ефект, особливо при споживанні їх разом із питною водою, що може призвести до ураження внутрішніх органів. Купання у воді, забрудненій солями хрому, може викликати подразнення слизової оболонки очей, дерматити та екземи.

Хром також негативно впливає на флору та фауну водою, гальмує природні

процеси самоочищення води та накопичується в тканинах риб, надаючи на них токсичний вплив. Забруднення ґрунтів та водойм авіапідприємствами також спричинюється поверхневим стоком дощових і талових вод, вологою під час мокрого прибирання і подібними процесами. У поверхневому стоку аеропортів накопичуються різноманітні забруднюючі речовини, такі як залишки мийних і дезінфікуючих засобів, продукти розпаду штучних покриттів та інші мінеральні суспензії, нафтопродукти, розчинені органічні домішки і азотовмісні речовини.

При нафтовому забрудненні взаємодіють три ключові екологічні чинники, які визначають складність та особливості впливу на природне середовище:

1. Складність та Унікальність Складу Нафти: Нафта представляє собою унікальну полікомпонентну суміш, що постійно змінюється і містить різноманітні хімічні компоненти. Ця складність створює виклики для точного визначення впливу нафтового забруднення, оскільки реакції та перетворення в її складі можуть мати різноманітні наслідки для екосистем.

2. Складність та Гетерогенність Екосистеми: Екосистеми, які піддаються нафтовому забрудненню, самі є складними та гетерогенними. Вони розвиваються та змінюються в часі, відповідаючи на різноманітні внутрішні та зовнішні чинники. Врахування цієї гетерогенності є важливим для повного розуміння взаємодії забруднення та реакції природних систем.

3. Різновид та Зміна Зовнішніх Чинників: Екосистеми піддані впливу різноманітних зовнішніх чинників, таких як температура, тиск, вологість, та стан атмосфери та гідросфери. Зміни в цих факторах можуть значно впливати на реакції нафтового забруднення та наслідки для природи.

Оцінка екологічних наслідків нафтового забруднення повинна враховувати взаємодію цих трьох груп чинників, оскільки вони спільно визначають складність та варіабельність впливу на природне середовище.

При проникненні нафтопродуктів у ґрунт відбувається специфічний розподіл, відмінний від їхнього розподілу у водному середовищі. У воді нафтопродукти тенденційно утворюють тонку плівку, зазнають збіднення леткими фракціями, а подалі можуть утворювати емульсії. У ґрунті ж вони проникають у глиб від

поверхні, використовуючи капілярні сили, при цьому збіднення леткими фракціями відбувається у менших пропорціях. Нафтопродукти, всмоктуючись ґрунтом, особливо ефективно в сухий період, внаслідок капілярних сил, можуть затримуватися в глибинах протягом тривалого періоду. Цей процес може призводити до повного вилучення поживних речовин і розцвітання ґрунту, перетворюючи його в насичену нафтопродуктами структуру, що призводить до втрати родючості та забруднення навколишнього середовища.

Ґрунти вважаються забрудненими нафтою та нафтопродуктами, коли підвищення концентрації цих речовин досягає рівня, при якому порушується екологічна рівновага в ґрунтовій системі. Це виражається у зміні морфологічних та фізико-хімічних характеристик ґрунтових горизонтів, а також впливає на водно-фізичні властивості ґрунтів. Забруднення також призводить до порушення співвідношення між окремими фракціями органічної речовини в ґрунті, що може суттєво вплинути на продуктивність земель та інші аспекти екосистеми.

У ґрунтах, що насичені нафтою, спостерігається диспергація структури, погіршується водопроникність, витісняється кисень, а також відбувається порушення біохімічних та мікробіологічних процесів. Співвідношення між вуглеводневим Карбоном та Нітрогеном розширюється, а вміст рухомих форм Фосфору та Калію зменшується. Це призводить до погіршення водного, повітряного та поживного режимів, порушення кореневого живлення рослин, а також гальмування їхнього росту і розвитку, що в кінцевому підсумку може призвести до загибелі рослин.

Поступове збільшення концентрації нафтопродуктів на поверхні ґрунту, разом із процесами випаровування та розкладання їхніх летких фракцій, призводить до накопичення важкорозкладних вуглеводнів, таких як тверді парафіни, циклічні та ароматичні вуглеводні, смоли й асфальтени. Ці речовини утворюють відкритий шар, що блокує пори ґрунтового покриву. При значних об'ємах виливу нафтопродуктів може утворитися специфічне поверхнєве родовище, з якого нафтопродукти проникають у ґрунті та поверхнєві води.

В цьому контексті, земельна поверхня довгий час вилучається із сфери

господарського використання, одночасно утворюючи значену загрозу пожежам в околицях. Нафтове забруднення генерує новий екологічний контекст, що спричиняє глибокі трансформації у всіх рівнях природних біоценозів чи навіть їх повну реконструкцію. Основною особливістю всіх ґрунтів, забруднених нафтою, є зміна чисельності та обмеження різноманіття видів педобіонтів, таких як ґрунтова мезо- та мікрофауна та мікрофлора. [3].

Реакції різних груп педобіонтів на забруднення мають неоднозначний характер. Серед основних виявлених реакцій можна виділити наступні:

- Внаслідок аварійної ситуації в ґрунті спостерігається масова загибель ґрунтової мезофауни. Через короткий термін, після аварії, більшість видів ґрунтових тварин повністю викривається або складає невеликий відсоток (1%) в порівнянні з контрольними ділянками. Легкі фракції нафти виявляються найбільш токсичними для них.

- Комплекс ґрунтових мікроорганізмів піддається короточасовому інгібуванню відповідно до нафтового забруднення, після чого відбувається підвищення валової чисельності та активності. Формуються "спеціалізовані" групи, які беруть участь у виготовленні вуглеводнів на різних етапах.

- Максимальна чисельність мікроорганізмів відповідає горизонтам ферментації та зменшується вздовж профілю ґрунту зі зменшенням концентрації вуглеводнів. Головний "вибух" мікробіологічної активності спостерігається на другому етапі природної деградації нафти.

- Під час розкладання нафти загальна кількість мікроорганізмів приближається до фонових значень, але чисельність нафтоокислюючих бактерій залишається підвищеною в порівнянні з групами в незабруднених ґрунтах.

- Зміна екологічної обстановки спричиняє пригнічення фотосинтезуючої активності рослин. Це особливо відзначається в розвитку ґрунтових водоростей, які можуть частково пригнічуватися або змінювати свою групову структуру до повного випадіння альгофлори.

- Фотосинтезуючі функції вищих рослин, включаючи злаки, зазнають змін.

- Зміни в фотосинтетичних функціях вищих рослин, включаючи злакові, також реєструються;
- На забруднених ґрунтах спостерігається зниження активності більшості ґрунтових ферментів.

Процеси природної відновлення біогеоценозів на забруднених територіях протікають уповільнено, і темпи формування різноманітних ярусів екосистем різняться. Сапрофітний комплекс тварин розвивається значно повільніше, порівняно з мікрофлорою та рослинним покривом.

Вдосконалення системи контролю та методів боротьби із забрудненням ґрунтів та ґрунтових вод нафтохімічними речовинами є важливим заходом для посилення екологічної безпеки України. Наразі система моніторингу та спостережень за станом забруднення навколишнього середовища нафтопродуктами практично відсутня, і екологічні заходи проводяться без системності.

Забруднення навколишнього середовища внаслідок авіаційних транспортних процесів досягає свого максимуму в зоні аеропорту. Розповсюдження нафтопродуктів на території аеропорту та за його межами надзвичайно залежить від метеорологічних умов. Вплив напрямку та швидкості вітру є визначальним, а також менш виражені фактори, такі як температура, вологість повітря і сонячна радіація, які впливають на характер забруднення.

Внаслідок осідання твердих і пароподібних часток з атмосферного повітря, виведення технологічних стічних вод, використання спецрідин для миття літаків і обробки злітно-посадкової смуги, а також за інших обставин, певна кількість забруднюючих речовин потрапляє в ґрунт. Вона може осідати в ньому, виробляти вплив чи поширюватися на великі відстані, сполучаючись з поверхневими і ґрунтовими водами. Цей процес неодмінно супроводжується порушенням природного складу ґрунтів, забрудненням ґрунтових вод та відкритих водойм.

Забруднення ґрунту нафтою в областях, що оточують аеропорт, виникає внаслідок аварійних і технологічних розливів на поверхню землі, а також унаслідок потрапляння непрочищених або недостатньо очищених нафтовмісних стічних вод у ґрунт. Під час зльоту та посадки літака у воздух виділяються рідкі та газоподібні

продукти згоряння палива, які осідають біля злітно-посадкової смуги та накопичуються в ґрунті. При потраплянні нафтових вуглеводнів до ґрунту спостерігається інтенсивна трансформація морфологічних та фізіологічних характеристик ґрунту.

Негативні наслідки забруднення ґрунтів проявляються в порушенні хімічного балансу, що викликає зсув реакції ґрунтового розчину в лужний бік. Також спостерігається значне підвищення вмісту загального вуглецю в ґрунті у 2–10 разів і значно збільшення кількості вуглеводнів у 10-100 разів.

Поблизу аеропортів відзначається інтенсивне забруднення підземних вод нафтопродуктами, головним чином через втрати рідкого палива під час заправки літаків і технічні недоліки під час транспортування та зберігання. Поверхневі покриття аеропортів накопичують різні суміші, включаючи пил, продукти згоряння палива, частки стирання шин та інші матеріали, які разом із дощовими потоками потрапляють у водойми.

З початку 2015 року визначено 28 стійких органічних забруднювачів, які включені до списку пріоритетних факторів навколишнього середовища. Серед цих речовин вказані альдрин, дильдрин, ендрін, хлордан, мірекс, діхлордіфенілтрихлоретан, гексахлорбензол, токсафен, гептахлор, поліхлоровані біфеніли (ПХБ), поліхлоровані дибензо-р-діоксин (ПХДД), поліхлоровані дибензофурани (ПХДФ), гексабромбіфеніл, органічні сполуки свинцю, олова і ртуті, поліциклічні ароматичні вуглеводні (ПАР), хлордекон, ендосульфат, атразин, гексахлорциклогексан, пентахлорфенол, хлоровані насичені вуглеводні (хлорпарафіни), фталати, октил- і нонілфенол та інші.

Органічні забруднювачі нафтового походження, що завжди присутні в викидах та стоках, включають ПАР, ПХБ, ди(2-етилгексил)фталат, ПХДД, ПХДФ і хлорпарафіни, серед інших. ПАР нафтового походження формуються внаслідок неповного згоряння палива або піролізу мінеральних масел. Крім того, ці вуглеводні присутні у стоках, які включають нафтопродукти (з гаражів, приміщень для мийки та ремонту автомобілів, заправних станцій) і дощових стоках з доріг, де ПАР потрапляють разом із частинками автомобільних вихлопних газів.

Найпоширенішими джерелами антропогенного походження ПАР від нафти є повітряний транспорт [7].

Бокові водні ресурси, поряд із земельними, є великим резервуаром для задоволення технічних, господарсько-побутових та інших потреб аеропортів. На початку XXI століття аеропорти України щорічно використовували приблизно 37 млн м³ води. З цієї кількості лише 6% від загального обсягу використовувалися зворотно та повторно для технічних потреб.

Значна частина стічних вод, які утворюються в результаті виробничих та господарсько-побутових процесів, виливається в поверхневі водні об'єкти. Зауважимо, що лише близько 20% з них були оброблені системами очищення, що становить значний відступ від нормативних вимог.

Щорічно до поверхневих водойм разом із стічними водами потрапляє приблизно 2000 тонн різних шкідливих речовин, включаючи нафтопродукти, етиленгліколь, поверхнево-активні речовини, важкі метали та інші токсичні домішки.

Впровадження систем оборотного водопостачання та повторного використання води для технічних цілей, а також розробка систем очищення стічних вод в аеропортах може суттєво зменшити негативний вплив на навколишнє середовище та використання водних ресурсів. Скорочення обсягів водоспоживання через ці ініціативи буде важливим кроком у напрямку збереження довкілля.

Окрім того, важливим внеском у поліпшення екологічної ситуації в області аеропортів може бути ефективна організація відведення, обробки та утилізації поверхневого стоку з забруднених ділянок аеропортів, таких як дощові, талі та технічні води [7,10,13]

1.3. Висновки до розділу

Отже, нафта та нафтопродукти належать до найпоширеніших та найнебезпечніших техногенних забруднювачів, оскільки вони мають властивість утворювати токсичні сполуки в ґрунтах, поверхневих та підземних водах. Склад

нафти та нафтопродуктів включає різноманітні речовини, серед яких можуть бути токсичні та навіть канцерогенні речовини. Розповсюдження нафти та нафтопродуктів не обмежується лише областями прямого використання цих матеріалів.

Навіть у областях, де відсутня промислова діяльність людини, вуглеводні можуть потрапляти та транспортуватися за допомогою повітряних та водяних потоків, забруднюючи території. Це створює загрозу для екосистем та може призвести до серйозних наслідків для довкілля. Запобігання та ефективна обробка забруднень нафтою та нафтопродуктами є важливими завданнями для збереження екологічної стійкості та забезпечення безпеки навколишнього середовища.

Отже, екологічний моніторинг ґрунтів під впливом нафтопродуктів вимагає комплексного підходу з урахуванням всіх джерел можливого забруднення. На територіях, де нафтопродукти проникають в ґрунт, виникає процес диспергації структури, спостерігається зниження водопроникності, висушується кисень, що викликає порушення біохімічних та мікробіологічних процесів. Відбувається зміна співвідношення між Карбоном та Нітрогеном, а вміст рухливих форм Фосфору та Калію зменшується.

Це призводить до тривалого вилучення земельної поверхні з господарського використання та формує сильний пожежонебезпечний контекст на зазначених територіях. Забруднення ґрунту нафтою в областях, що оточують аеропорт, виникає внаслідок аварійних та технологічних розливів на поверхню ґрунту, а також внаслідок потрапляння неочищених чи недостатньо очищених нафтовмісних стічних вод в ґрунт.

РОЗДІЛ 2

АНАЛІЗ СПОСОБІВ ВІДНОВЛЕННЯ ЯКОСТІ ҐРУНТІВ, ЗАБРУДНЕНИХ НАФТОПРОДУКТАМИ

2.1. Організаційно-технічні способи відновлення ґрунтів, забруднених нафтопродуктами

Використання сорбентів для видалення нафтопродуктів з поверхні ґрунту є давно визнаною міжнародною практикою. Важливо відзначити, що цей метод проявляє свою ефективність переважно при обробці невеликих обсягів нафтопродукту в ґрунті, тому в разі значних виливів його рекомендується використовувати на етапі "дозбирання" після застосування відповідного збирального обладнання.

На сьогодні у всьому світі для подолання наслідків витоків нафти використовують близько двох сотень різних сорбентів (Додаток А).

Використання сорбентів має свої переваги, такими як їхні вигідні ціни, але водночас існують недоліки, такі як різноманітна поглинальна здатність. Важливо відзначити, що використання сорбентів вимагає проведення докладних досліджень для кожної конкретної території. Враховуючи, що ґрунти мають різну структуру та біохімічний склад, їх реакція на забруднення буде різною.

Наприклад, торф'яні ґрунти демонструють високу здатність поглиблення нафти і нафтопродуктів (кількість поглиблення може досягати від 100 до 500 грамів нафтопродуктів на кілограм торфу). У той час як піщані та глинисті ґрунти зазвичай здатні утримувати приблизно в 100 разів менше, і при виливі нафти пляма майже повністю залишається на поверхні.

Під час проведення модельного експерименту, в якому імітувався аварійний вилив на поверхню сірого лісового ґрунту нафти та нафтопродуктів, була проведена оцінка поглинальної здатності відбілювальної глини та перлітового порошку в якості

сорбентів. Встановлено, що вони проявляють різну сорбційну активність до різних видів нафтопродуктів на цьому типі ґрунту.

Для зниження концентрації нафтопродукту в ґрунті до залишкового рівня забруднення часто застосовується метод видалення забрудненого ґрунтового шару, який потім транспортується до місця утилізації. Однак цей метод може призвести до накопичення токсичних відходів і потенційного забруднення ґрунтових вод. Крім того, використання цього методу вимагає значних площ земель для утилізації. Саме тому все частіше на практиці для зниження концентрації нафтопродукту в ґрунті до залишкового рівня використовують фізико-хімічні та біологічні методи.

Термічний метод включає в себе випалення забрудненого нафтопродуктом ґрунту на місці або після його видалення в спеціальних печах. Середньозабруднені ґрунти піддають обробці при температурі 700-800°C, в той час як сильнозабруднені вимагають температур 900 °C. Цей метод ефективно використовується у країнах Західної Європи. В Канаді, наприклад, гравій очищають від нафтопродуктів шляхом його обпалення в псевдозрідженому шарі, що дозволяє повністю вилучити забруднення [9].

Основними перевагами методу спалювання є висока інтенсивність процесу та можливість застосування при високих рівнях забруднення. Однак основними недоліками є використання спеціалізованого та вартісного обладнання.

Останнім часом біологічні методи отримали широке застосування у вирішенні проблеми забруднення ґрунтів нафтопродуктами. Ці методи ґрунтуються на стимулюванні мікробної активності в зоні забруднення, що призводить до повної біодеградації вуглеводнів до діоксиду вуглецю і води. Забезпечення цього процесу залежить від достатньої кількості певних видів мікроорганізмів у ґрунті та створення оптимальних умов для їх росту і життєдіяльності. Агротехнічні заходи, також, відіграють ключову роль у прискоренні процесу самоочищення ґрунтів, забруднених нафтопродуктами, створюючи сприятливі умови для мікроорганізмів.

Важливими факторами, що впливають на інтенсивність деструкції нафтопродуктів мікроорганізмами, є вологість ґрунту, наявність мікроелементів, азоту і фосфору, вільний кисень, рН і буферність середовища, температура. Тому

процес очищення ґрунту від нафтопродуктів за допомогою мікроорганізмів ефективно здійснюється в комплексі з агротехнічними заходами.

Фітомеліорація відзначає завершення процесу реабілітації забруднених ґрунтів та передбачає видалення залишків нафтопродуктів через висів нафтостійких трав, які активізують ґрунтову мікрофлору. Для фіторекультивациі нафтозабруднених ґрунтів використовують найбільш доступні насіння однорічних і багаторічних трав, що володіють розвиненою кореневою системою, підвищеною стійкістю до нафтового забруднення ґрунтів і адаптовані до місцевих умов. Рослини-фітомеліоранти, завдяки потужному розвитку кореневої системи, сприяють поліпшенню газоповітряного режиму забрудненого ґрунту та збагаченню його азотом і біологічно активними речовинами.

У численних країнах, де території забруднені нафтою і нафтопродуктами можуть мати значні масштаби, технічні методи рекультивациі класифікуються на категорії *ex situ* і *in situ*.

Технології *ex situ* використовуються для оброблення забрудненого ґрунту, який перед цим видаляється з поверхні відповідної ділянки землі. Ізоляція і оброблення забрудненого ґрунту поза ділянкою дозволяють застосовувати високотехнологічні методи очищення, які можуть бути ефективнішими, швидше діючими та безпечнішими для ґрунтових вод, тваринного і рослинного світу та місцевого населення. Технологія *ex situ* передбачає оброблення транспортованих з ділянки розливу ґрунтів на спеціально обладнаних майданчиках.

Вивезення забрудненого ґрунту відкриває можливості для ефективного та оперативного врегулювання забруднення. В контексті цих технологій, механічні методи включають в себе: механічне розділення, екскавацію та подальший вивіз забруднення; фізико-механічні методи включають спалювання відходів, термічну десорбцію, екстракцію ґрунту парою, промивання ґрунту та екстракцію розчинником; хімічні методи охоплюють дегалогенування і хімічне відновлення-окислення; біологічні методи включають сільськогосподарський обробіток ґрунту і використання біодеструкторів. Після очищення від нафти за допомогою цих методів, ґрунт зазвичай повертається на свої первісні ділянки.

Справжня ефективність реабілітації ґрунтів від нафтопродуктів полягає в тому, щоб врахувати унікальні особливості кожної території. Однак врахування природно-кліматичних, геологічних і біологічних факторів, а також адаптація методів до специфічних умов, є важливими аспектами розвитку ефективних технологій реабілітації. Процес вибору методу повинен включати комплексне обстеження території, зокрема визначення розмірів і глибини забруднення, визначення кількості нафтопродукту в ґрунті, агрохімічний аналіз, включаючи рН, вологість, вміст азоту, калію і фосфору, а також мікробіологічний контроль. Задля максимальної ефективності, можливо, варто розробити та рекомендувати спеціалізовані методи та технології, адаптовані до конкретних умов та потреб кожної території [8].

Для ефективного запобігання та ліквідації наслідків розливів нафти та захисту населення та природи від їх шкідливого впливу, визначено ключові вимоги для розробки планів управління аварійними розливами нафти та нафтопродуктів. Ці вимоги визначені відповідно до законодавства України, зокрема:

1. Закон України «Про охорону навколишнього природного середовища» (1264-12):

- Стаття 52 встановлює вимоги до підприємств щодо розробки та впровадження заходів щодо попередження аварійних ситуацій та ліквідації їх наслідків у разі розливів нафти та нафтопродуктів.

- Стаття 56 надає правові основи для розробки та затвердження планів попередження та ліквідації аварійних ситуацій.

2. Закон України «Про місцеве самоврядування в Україні» (280/97-ВР):

- Стаття 33 передбачає взаємодію місцевих органів влади із центральними органами влади щодо розробки та впровадження планів заходів в надзвичайних ситуаціях.

Створення і виконання цих планів є обов'язковим для підприємств та організацій з метою забезпечення безпеки навколишнього середовища та населення в разі аварійних розливів нафти.

Розробка планів попередження та ліквідації аварійних розливів нафти та нафтопродуктів є ключовою складовою системи екологічної безпеки. Згідно з

чинними нормативно-правовими актами, обсяг розливів для різних об'єктів визначено наступним чином:

1. Нафтоналивне судно:
 - Обсяг розливу нафти - 2 танка.
2. Нафтоналивна баржа:
 - 50% від загальної вантажопідйомності баржі.
3. Стаціонарні і плавучі видобувні установки і нафтові термінали:
 - Максимальний обсяг розливу - 1500 тонн.
4. Автоцистерна:
 - 100% від обсягу цистерни.
5. Залізничний склад:
 - 50% від загального обсягу цистерн у поїзді.
6. Трубопровід при пориві:
 - 25% максимального обсягу прокачування протягом 6 годин.
 - Обсяг нафти між запірними засувками на порваній ділянці трубопроводу.
7. Трубопровід при руйнуванні:
 - 2% максимального обсягу прокачування протягом 14 днів.
8. Стаціонарні об'єкти зберігання нафти і нафтопродуктів:
 - 100% обсягу максимальної місткості одного об'єкта зберігання.

Ці обмеження допомагають визначити конкретні заходи та ресурси, необхідні для ефективного контролю та ліквідації можливих аварійних ситуацій.

Розливи нафти та нафтопродуктів вважаються надзвичайними ситуаціями, що підлягають ліквідації відповідно до законодавства України. Залежно від розміру та площі розливу нафтовмісних речовин на території та в прісноводних водоймах, надзвичайні ситуації розподіляються наступним чином:

- Локального значення: Розлив, що має нижчий рівень наслідків, визначається відповідальним центральним органом влади у сфері охорони

навколишнього середовища. Обсяг цього розливу не перевищує 100 тонн нафти чи нафтопродуктів території об'єкта.

- Муніципального значення: Розлив в межах адміністративного кордону, що становить від 100 до 500 тонн нафтопродуктів, або розлив до 100 тонн, який виходить за межі території об'єкта.

- Територіального значення: Розлив в межах адміністративного кордону суб'єкта України на кількість від 500 до 1000 тонн нафтопродуктів, або розлив від 100 до 500 тонн, який виходить за межі адміністративного кордону.

- Регіонального значення: Розлив на обсяг від 1000 до 5000 тонн нафтопродуктів або розлив від 500 до 1000 тонн, який виходить за межі адміністративного кордону суб'єкта України.

Ця класифікація дозволяє ефективно реагувати на різні сценарії та масштаби надзвичайних ситуацій, забезпечуючи відповідні заходи захисту природи та населення.

З урахуванням місця розливу та гідрометеорологічних умов, категорія надзвичайної ситуації може бути підвищена. З метою уникнення аварійних ситуацій та створення безпечних умов експлуатації магістральних трубопроводів розроблені "Правила охорони магістральних трубопроводів" (згідно з Постановою Держнаглядохоронпраці України від 22 квітня 1992 року № 9, в редакції від 23.11.1994 року № 61). Ці правила визначають такі ключові аспекти:

1. Небезпечні фактори: Передбачає аналіз та класифікацію потенційних ризиків і небезпек, пов'язаних із магістральними трубопроводами, для встановлення ефективних заходів безпеки.

2. Облаштування трас: Регламентує процедури вибору та облаштування маршруту трубопроводу, зокрема враховуючи вимоги до мінімізації можливих негативних впливів на природне середовище.

3. Охоронні зони: Визначає зони навколо трубопроводу, де застосовуються особливі заходи безпеки для запобігання негативним наслідкам можливих аварій.

4. Організація та облаштування робіт в охоронних зонах: Встановлює процедури та вимоги для ведення робіт в охоронних зонах, зокрема контроль за робочими процесами та дотриманням безпекових норм.

Ці правила становлять важливий інструмент для забезпечення безпеки та запобігання негативним наслідкам в експлуатації магістральних трубопроводів.

Склад трубопроводів, на які поширюються вказані правила, охоплює широкий перелік елементів та споруд, зокрема:

- Трубопровід. Включає сам трубопровід з усіма відгалуженнями та лупінгами, запірною арматурою, переходами через природні та штучні перешкоди, вузлами підключення насосних і компресорних станцій, а також вузлами пуску та прийому продукції.

- Установки електрохімічного захисту: Забезпечують захист трубопроводів від корозії.

- Лінії і споруди технологічного зв'язку: Забезпечують зв'язок для експлуатації трубопроводів.

- Лінії електропередачі: Призначені для обслуговування трубопроводів та забезпечення електропостачання.

- Протипожежні та захисні споруди: Спрямовані на запобігання пожеж і корозії.

- Ємності для зберігання та розгазування конденсату: Використовуються для зберігання та обробки конденсату.

- Споруди лінійної служби: Включають в себе будівлі та споруди, необхідні для експлуатації трубопроводів.

- Вздовжтрасові проїзди, переїзди, дороги та майданчики: Забезпечують доступ та обслуговування вздовж траси трубопроводу.

- Станції перекачування та компресорні станції: Включають головні та проміжні перекачують, наливні насосні, напоропонижаючі, інші станції, резервуарні парки та очисні споруди.

- Станції зберігання газу, нафти та нафтопродуктів: Враховують підземні станції, резервуари та інші споруди для зберігання та обробки газу, нафти та нафтопродуктів.

- Автомобільні газонаповнювальні станції: Для обслуговування автомобільного транспорту.

- Наливні та зливні естакади, причали: Спрямовані на завантаження та вивантаження продукції.

- Пункти підігріву: Служать для підігріву нафти та нафтопродуктів.

Зазначені компоненти та споруди інтегровані в систему трубопроводів, піддаються правилам для забезпечення безпеки та ефективної експлуатації.

Виробничі трубопроводи можуть породжувати ряд потенційно небезпечних ситуацій через такі фактори. Руйнування трубопроводу може призвести до його розірвання та розлітання осколків металу та ґрунту. Крім того, можливість загорання продукту внаслідок руйнування трубопроводу, відкритого вогню та термічного впливу пожежі є серйозним ризиком.

Вибух газоповітряної суміші також є потенційним небезпечним фактором, який може виникнути при наявності відповідного середовища. Руйнування трубопроводу також може викликати обвалення та пошкодження будівель, споруд та установок.

Зниження концентрації кисню, виникнення диму та можливі токсичні викиди представляють додаткові ризики. Усі ці аспекти вимагають ретельного контролю та впровадження заходів безпеки для запобігання аваріям та забезпечення надійної експлуатації трубопроводів.

Для запобігання можливому пошкодженню трубопроводів, незалежно від їх прокладки, встановлюються охоронні зони, які мають різний характер залежно від транспортованого продукту. Так, для трубопроводів, які перевозять нафту, природний газ, нафтопродукти, встановлюють охоронні зони вздовж трас. Ці зони обмежені умовними лініями, розташованими в 25 метрах від осі трубопроводу з обох боків.

Трубопроводи, які транспортують зріджений нафтовий газ, нестабільні бензин і конденсат, вимагають більш широких охоронних зон, представлених ділянкою землі, обмеженою умовними лініями в 100 метрах від осі трубопроводу з обох сторін. Для багатониткових трубопроводів, зокрема, передбачається встановлення охоронних зон на зазначених відстанях від осей крайніх трубопроводів.

При підводних переходах встановлюється охоронна ділянка водного простору, розташована від водної поверхні до дна. Ця ділянка укладена між паралельними площинами, які віддалені від осей крайніх ниток переходів на 100 метрів з обох сторін.

Для об'єктів, таких як ємності для зберігання і розгазування конденсату, земляні комори для аварійного випуску продукції, встановлюються власні охоронні зони. Ці зони представлені ділянкою землі, обмеженою замкнутою лінією, яка відступає від меж територій зазначених об'єктів на 50 метрів в різні боки. Такі ж принципи застосовуються до технологічних установок, перекачувальних станцій, резервуарних парків, компресорних станцій, станцій підземного зберігання газу та інших об'єктів.

У межах охоронних зон трубопроводів заборонено здійснювати будь-які дії, які можуть спричинити порушення нормальної експлуатації або призвести до пошкодження трубопроводів. Зокрема:

а) Заборонено переміщати, засипати і ламати розпізнавальні і сигнальні знаки, а також контрольно-вимірювальні пункти.

б) Заборонено відкривати люки, хвіртки і двері необслуговуваних підсилюючих пунктів кабельного зв'язку, огорож вузлів лінійної арматури, станцій катодного і дренажного захисту, лінійних і оглядових колодязів та інших лінійних пристроїв. Заборонено відчиняти і зачиняти крани і засувки, а також відключати або включати засоби зв'язку, енергопостачання та телемеханіки трубопроводів.

в) Заборонено влаштовувати звалища і виливати розчини кислот, солей і лугів.

г) Заборонено руйнувати берегоукріплювальні споруди, водопропускні пристрої, земляні та інші споруди (пристрої), які захищають трубопроводи від

руйнування, а також територію і навколишню місцевість від аварійного розливу транспортованої продукції.

д) Заборонено розводити вогонь і розміщувати будь-які відкриті або закриті джерела вогню.

В охоронних зонах трубопроводів підприємствам трубопровідного транспорту забороняється без письмового дозволу:

а) Зводити будь-які будівлі та споруди.

б) Висаджувати дерева і чагарники всіх видів, складувати корми, добрива, матеріали, сіно і солому, розташовувати конов'язі, утримувати худобу, виділяти рибпромислові ділянки, проводити видобуток риби, а також водних тварин і рослин, влаштовувати водопої.

в) Споруджувати проїзди і переїзди через траси трубопроводів, влаштовувати стоянки автомобільного транспорту, тракторів і механізмів, розміщувати сади і городи.

г) Виробляти меліоративні земляні роботи, споруджувати зрошувальні і осушувальні системи.

д) Виробляти всякого роду відкриті і підземні, гірські, будівельні, монтажні та вибухові роботи, планування ґрунту. (Письмовий дозвіл на виробництво вибухових робіт в охоронних зонах трубопроводів видається тільки після подання підприємством, що виробляє ці роботи, відповідних матеріалів).

Основними джерелами забруднення ґрунтів на території аеропорту є склади паливно-мастильних матеріалів та служба паливномастильних матеріалів, а також спецавтотранспорт, авіаційно-технічні бази та авіаційно-ремонтні майстерні. Потрапляння нафтопродуктів до ґрунту обумовлене різними видами втрат, такими як технологічні, аварійні та експлуатаційні. Характер нафтохімічного забруднення ґрунтів визначається специфічними особливостями цього процесу. Проникнення нафтопродуктів в ґрунт відбувається головним чином за рахунок сили тяжіння та поверхнево-активних сил. Розповсюдження нафтопродуктів визначається видом та структурою підґрунтового шару, гідрологічними умовами та характеристиками паливномастильних матеріалів, такими як густина та в'язкість.

З цієї причини високі концентрації забруднення ґрунтів хімічними речовинами переважно концентруються в областях їхнього викиду у зовнішнє середовище. Це, в свою чергу, може викликати поступові зміни хімічного складу ґрунтів, що призводить до порушення геохімічного середовища та взаємодії з живими організмами. В результаті цього ґрунти можуть втрачати свою природну здатність до самовідновлення [5].

Зумовлена проблема саме викидами нафтопродуктів. Тому важливим завданням у забезпеченні екологічної безпеки паливозаправних служб аеропортів є постійний моніторинг рівня забруднення ґрунтів нафтопродуктами. В умовах сучасної техносфери більше 80% всіх забруднень стає результатом викидів нафтопродуктів [6–7] припадає. техногенних катастроф, значна увага приділяється невеликим "хронічним" витокам і розливам хімічних речовин на об'єктах з екологічним ризиком. Це може виникати через неповну герметичність місць з'єднань технологічного обладнання паливозаправних комплексів, транспортних засобів та механізмів, а також внаслідок невеликих розливів та витоків під час технологічних операцій з паливом та іншими речовинами.

Для швидкого визначення рівня хімічного забруднення ґрунту нафтопродуктами важливо мати метод, який є експресивним та доступним. У контексті моніторингу довкілля велике значення набуває метод біологічної оцінки якісних характеристик компонентів навколишнього середовища.

До ефективних та економічних методів комплексної оцінки та контролю стану складових довкілля відноситься біологічний моніторинг і діагностика, засновані на використанні біотестування. Ці методи дозволяють оцінити вплив забруднюючих речовин на живі організми залежно від дози та тривалості впливу, включаючи транслокацію вздовж ланцюга харчування [6].

Біологічні підходи надають комплексний огляд, навіть в тих випадках, коли деякі забруднювачі можуть залишатися поза увагою приладів для вимірювань, що використовують фізико-хімічні методи аналізу навколишнього середовища. Тому сучасні фахівці віддають перевагу біологічному методу контролю стану довкілля над хімічними та фізико-хімічними, оскільки визначення якісних характеристик

компонентів довкілля за допомогою фізико-хімічного аналізу становить одну з ключових проблем екологічного моніторингу.

Проведення екологічних досліджень стосовно рівня забруднення компонентів довкілля на територіях, що прилягають до аеропорту, є надзвичайно актуальним завданням. Це обумовлено тим, що методика оцінки техногенного впливу на стан цих територій досить мало висвітлена в науковій літературі. Вирішення цих проблем відкріє шлях до науково-практичного підходу у сфері захисту та відновлення компонентів довкілля. Особливу увагу слід приділити визначенню рівня забрудненості ґрунтів нафтопродуктами.

Метою нашого дослідження було визначення рівня забруднення ґрунту нафтопродуктами на території складу з паливно-мастильними матеріалами аеропорту. Для цього ми використовували рослинні тест-системи. Після аналізу різних методів визначення забруднення ґрунту нафтопродуктами ми вирішили вибрати метод біотестування, оскільки він є одним з найбільш доступних для подальших досліджень.

Автори дослідження [6] підкреслюють важливість використання методів біотестування для визначення рівня забруднення довкілля територій авіаційних підприємств. Це особливо актуально через те, що результати хімічного аналізу, виконаного за допомогою складного аналітичного обладнання, часто не забезпечують можливість належного оцінювання справжньої небезпеки від конкретних забруднювачів та прогнозування їхнього впливу на довкілля та живі організми. Додатково, відомо [6, 11], що рослинні біотести можуть ефективно використовуватися для біоіндикації та біомоніторингу.

Сучасний екологічний моніторинг при забрудненні довкілля нафтопродуктами оптимально повинен включати не лише вимірювання рівня нафтохімічного забруднення та змін фізико-хімічних властивостей ґрунтів, але й проведення екологічної оцінки, для чого ефективно можуть бути використані методи біотестування та біоіндикації [7–11].

Фітоіндикатори представляють собою різновид природної флори, що відрізняються за рівнем самостійної стійкості (чутливості) до впливу негативних

факторів. Використання рослин у ролі біоіндикаторів полягає у оцінці їхньої загальної реакції на комплекс антропогенних впливів, що дозволяє оцінити вплив багатьох окремих факторів на екосистеми та отримувати інформацію у вигляді біологічно значущих показників. Рослини-монітори, в свою чергу, є рослинами, стан яких можна використовувати для отримання інформації про кількість забруднюючих речовин або їх комбінацій у складових довкілля.

Так, рослини становлять ефективний індикатор для визначення рівня забруднення ґрунтів нафтопродуктами, що включають суміш вуглеводнів та інших хімічних речовин. Рослинні тест-системи виступають у ролі рослинних об'єктів, які застосовуються у відповідних експериментах. Їх використовують як генетичні тест-системи для скринінгу та моніторингу стану складових довкілля, зокрема для виявлення та кількісної оцінки впливу факторів з генотоксичною дією. У літературі описано близько 25 різних тест-систем з використанням 10 основних видів рослин. [11].

Так, розмаїття рослинних біотестів дозволяє широко використовувати їх для тестування різноманітних мутагенних чинників, включаючи забруднювачі навколишнього середовища, які мають хімічний або фізичний характер. Крім того, рослинні тест-системи розглядаються як перспективний інструмент для оцінки ризиків, пов'язаних з канцерогенністю.

Рослинні тест-системи відрізняються кількома вагомими перевагами в порівнянні з іншими методами [7–11]. По-перше, ці системи є досить вартісними та простими у використанні. Додатково, до переваг включають:

1. Простота обліку та інтерпретації результатів: Легкість визначення ефектів і тлумачення отриманих даних сприяє ефективному аналізу.
2. Чутливість та відтворюваність результатів: Висока чутливість до змін довкілля дозволяє виявляти навіть невеликі впливи та забруднення.
3. Економічність аналізу: Відносно невисокі витрати на проведення та аналіз досліджень роблять цей метод економічно вигідним.
4. Швидкість: Завдяки прямому впливу на рослини, результати тестування можна отримати досить швидко порівняно з іншими методами.

5. Широта бази даних: Розгалуженість тестових рослинних видів дозволяє враховувати різноманіття факторів у визначенні ризиків.

Можливість адаптації методики до різних умов проведення досліджень робить їх придатними для оцінки екологічних ризиків в умовах взаємодії різних природних факторів. Різні тест-функції, такі як динаміка проростання насіння, кількість пророслого насіння за певний час та ростові характеристики рослин, можуть бути використані в різних варіантах біотестування.

Висновок дослідження вказує на те, що серед різноманітних рослин, які були об'єктом вивчення, льон виявив найвищу чутливість до умов забруднення. Ця висока чутливість проявилася в ростових параметрах кореневої частини рослин, яка була інгібована. Зазначено, що цей вплив також мав опосередкований ефект на стеблову частину рослин, викликаючи її інгібіцію. Ці результати підкреслюють ефективність льону як біотест-організму для визначення рівня забруднення та виявлення негативних впливів нафтопродуктами чи іншими забруднюючими речовинами в навколишньому середовищі [32].

Аналіз отриманих результатів свідчить про системне зменшення активності росту рослин з підвищенням рівня забруднення ґрунту нафтопродуктами у напрямку джерела забруднення. Льон виявився найбільш чутливою рослиною до такого забруднення, в той час як цибуля виявилася менш чутливою. Отже, для майбутніх досліджень у напрямку розробки методу фітотестування рівня забруднення нафтопродуктами ґрунтів на території авіаційних підприємств рекомендується використовувати льон, зосереджуючись, зокрема, на ростових параметрах стеблової частини, які можуть бути важливим показником при відсутності можливості доступу до кореневої частини рослин.

Такий експеримент із використанням рослинних тест-систем дійсно є ефективним методом для визначення екологічного стану ґрунтів на території аеропорту. Рослинні тест-системи можуть служити надійними індикаторами рівня забруднення та надають можливість отримати конкретні дані про вплив нафтопродуктів на рослинний світ.

Отримані результати можуть бути використані як основа для подальшого аналізу та розробки стратегії відновлення забруднених ґрунтів. Ця інформація може допомогти визначити найбільш ефективні методи реабілітації та відновлення екосистеми, що також сприятиме покращенню екологічної ситуації в цьому регіоні.

2.2. Способи оцінки здатності ґрунтів до самовідновлення від забруднення нафтопродуктами

Ліквідація нафти та її компонентів із зони забруднення ґрунту обумовлена взаємодією різноманітних абіотичних та біотичних процесів. Природні механізми самоочищення та регенерації забруднених нафтою ґрунтів розвиваються повільно, особливо у випадках великого ступеня забруднення.

У перший період після забруднення ґрунту нафтою відбуваються переважно фізичні процеси, такі як міграція та розсіювання вуглеводнів через випаровування і вилуговування. Швидкість випаровування залежить від різних чинників, таких як властивості навколишнього середовища, метеорологічні умови та склад нафти. На початковому етапі випаровуються фракції з точкою кипіння нижче 370 °С. Втрати нафти через випаровування нафтових масел і сирової нафти можуть сягати 40-70% в південних регіонах. У північній кліматичній зоні випаровування нафти менше, і вона може залишатися в ґрунті десятки років, переважаючи розсіювання циркулюючими водами.

Внаслідок випаровування нафти відбувається збільшення в'язкості залишкової частини, що призводить до сповільнення міграції і зростання кількості вуглеводнів із ланцюгом довжиною понад C₂₀, а також ароматичних і циклічних вуглеводнів. Це через те, що в основному випаровуються низькомолекулярні вуглеводні. За рахунок видалення найбільш токсичних легких вуглеводнів зменшується шкідливий вплив залишкової суміші на мікроорганізми-деструктори, що полегшує подальший процес мікробіологічної деградації. Також зростає частка компонентів, які менше летючі і менше розчинні, тобто більш стійкі до розкладання.

Початкове проникнення нафти в ґрунт призводить до розширення обсягу і збільшення глибини забруднення. У випадку ґрунтів з легкою механічною структурою, таких як супісчані або суглинкові, легкі фракції нафти і нафтопродуктів можуть проникати на глибину 1,5–2,0 метра, пригнічуючи біологічну активність ґрунту. Під час віддалення від джерела забруднення співвідношення між основними формами міграції змінюється, і відзначається зростання частки розчинених, емульгованих та сорбованих нафтопродуктів.

Протягом 1-4 тижнів після виливу нафтових вуглеводнів у навколишнє середовище, за наявності сприятливих умов для росту мікроорганізмів, починається біодеградація забруднення. Майже всі вуглеводні, що містяться в нафті, можуть слугувати об'єктом мікробіологічного впливу, проходячи різноманітні шляхи трансформації. У ґрунті вуглеводні піддаються розкладанню під впливом окиснюючих мікроорганізмів, які здатні окиснювати вуглеводні до CO_2 та води або перетворювати їх на сполуки, які можуть бути подальше використані іншими мікроорганізмами. У цьому процесі беруть участь як гриби, так і бактерії, при цьому вагоме значення в співтоваристві мікроорганізмів-деструкторів мають саме бактерії.

Процес біодеградації важких фракцій нафти, які включають смоли та асфальтени, ускладнений їхньою стійкістю до ферментів та обмеженою здатністю диспергуватися у рідкому середовищі. Ці фракції включають велику кількість поліароматичних сполук з конденсованими ядрами, які розкладаються лише ті, що містять три або чотири ароматичні кільця. Час напіврозпаду цих сполук варіює від 3 до 2000 тижнів.

В ґрунтовому середовищі середні швидкості мінералізації важких фракцій нафти, мула і сирі нафти коливаються в межах від 0,02 до 0,6 г вуглеводнів на 1 кг ґрунту на добу. У глибших горизонтах, підґрунті, швидкість розкладання навіть найбільш доступних фракцій нафти становить від 0,01 до 0,02 г/кг на добу, що менше, ніж на поверхні. Протягом року в субтропіках біодеградація нафти в ґрунті, що залишилася після фотохімічного розкладання і випаровування, становить приблизно 40%. В умовах холодного клімату, через низьку активність природних процесів, біодеградація нафти може тривати десятки років.

Завершальний та найтриваліший етап у процесі розкладання нафти пов'язаний з трансформацією високомолекулярних залишків, які залишилися, і утворенням зв'язаних залишків. Невелика частка компонентів нафти, перебуваючи в ґрунті, піддається полімеризації, утворюючи асфальтени та поліароматичні вуглеводні. Ці сполуки виявляють високу стійкість до біологічного окиснення. З часом, забруднення стає більш застарілим, і частка цих стійких компонентів збільшується (від 1% до 20%) [12].

Через свою інертність, новоутворені високомолекулярні з'єднання і зв'язані залишки виявляються мало небезпечними для навколишнього середовища. Таким чином, узгоджена дія фізичної і хімічної трансформації, біодеградації та утворення зв'язаних залишків сприяє відновленню шкідливого впливу нафти, що потрапила в навколишнє середовище. Максимальний вміст нафти в середовищі, який доступний для біоремедіації, не перевищує 5–10% (за масою).

Одним із вирішальних чинників, які впливають на швидкість біодеградації, є температура. Оптимальна температура для біодеградації вуглеводнів становить 30–40°C, але існують мікроорганізми, які можуть окислювати вуглеводні при як вищих, так і при нижчих температурах. Зокрема, вуглеводні з довгими ланцюгами піддаються утилізації при температурі не нижче 25°C.

Ідеальний рівень вологості в ґрунті для мікроорганізмів, що здатні до нафтодеградації, становить від 50% до 80%. При недостатній вологості осмотичні і матричні сили можуть обмежувати доступність води, що ускладнює ріст цих мікроорганізмів. Однак в перезволожених ґрунтах може зменшитися газовий обмін, утруднюючи доступ кисню. У ґрунтах, забруднених нафтою, баланс води порушується через гідрофобні властивості нафтових сполук.

Мікроорганізми окислюють вуглеводні нафти в аеробних умовах. Вуглеводні нафти є повністю відновленими сполуками, і перший етап їхнього окиснення включає поєднання кисню з їхніми молекулами. Отже, кисень виконує подвійну функцію: він служить як джерело енергії для мікроорганізмів і акцептор електронів у катаболічних процесах.

Процес біодеструкції нафти і нафтопродуктів у ґрунті ускладнюється адсорбцією на їхній поверхні, що веде до утворення великих і щільних агломератів. У перезволожених ґрунтах формуються рихлі структуровані агрегати на поверхні ґрунтових частинок. Це призводить до розширення пор, збільшення доступу кисню та підвищення швидкості деградації вуглеводнів.

У випадках ґрунтів зі старими нафтовими забрудненнями або при їхньому повторному потрапленні в середовище, спостерігається присутність аборигенних мікроорганізмів-нафтодеструкторів. Для активації окиснюючого потенціалу аборигенної мікрофлори можна проводити агрохімічні заходи. У випадку ліквідації свіжих нафтових витоків в середу рекомендується введення мікробних препаратів [13].

На сучасний момент розроблено та активно використовується значна кількість біопрепаратів, які базуються на моно- і змішаних культурах для очищення різних природних і техногенних середовищ. У важких умовах, таких як кисле середовище, дефіцит вологи чи обмежений доступ до поживних речовин, найефективніше для деструкції нафти є використання дріжджів і грибів.

Міцеліальний ріст дозволяє грибам ширитися між різними джерелами поживи, проникати в ґрунтово-нафтові агломерати. Це, разом із стійкістю до низького вмісту вологи і низького рівня рН, сприяє їхній активності на пізніших етапах розкладання залишків нафти.

Нафтове забруднення відрізняється від багатьох інших антропогенних впливів тим, що воно характеризується не поступовим, а, як правило, "залповим" навантаженням на природне середовище, викликаючи швидку реакцію. При оцінці наслідків такого забруднення не завжди можна передбачити, чи здатна екосистема повернутися до стійкого стану, чи вона стикається з необоротною деградацією.

У всіх заходах, пов'язаних із ліквідацією наслідків забруднення та відновленням порушених земель, важливо керуватися основним принципом: завдати екосистемі якнайменше шкоди, у порівнянні з тією, яку вже було завдано під час забруднення. Одна з головних мет цих заходів - максимальна мобілізація внутрішніх

ресурсів екосистеми для відновлення її первинних функцій. Самовідновлення та рекультивація визнаються невід'ємними компонентами біогеохімічних процесів [10].

2.3. Способи відновлення ґрунтів забруднених важкими металами

Гумінові речовини заслуговують на увагу, оскільки вони виявились ключовими у регулюванні практично всіх суттєвих властивостей ґрунту. Наприклад, вони сприяють формуванню темного забарвлення ґрунту, що збільшує коефіцієнт поглинання сонячних променів та підвищує температуру ґрунту. Це, в свою чергу, створює сприятливі умови для активності ґрунтових мікроорганізмів, проростання насіння та росту рослин на початкових стадіях розвитку. Гумати в ґрунті також відіграють важливу роль у зберіганні та доступності поживних речовин.

Точно так, гумінові речовини можуть взаємодіяти з важкими металами і впливати на їхню доступність та токсичність у ґрунті. Цей процес відбувається за рахунок утворення комплексів між гуміновими кислотами і іонами металів. Утворені комплекси можуть мати меншу токсичність або бути менше доступними для рослин та інших організмів, що сприяє зменшенню впливу важких металів на екосистему ґрунту.

Цей механізм може бути ефективним інструментом для забезпечення екологічної стійкості ґрунтового середовища, особливо в умовах забруднення важкими металами, де зменшення їхньої токсичності може впливати на розвиток рослин і мікроорганізмів.

Ви праві, гумати мають властивості утворення нерозчинних комплексів з важкими металами, особливо через наявність карбоксильних та гідроксильних груп. Ця властивість забезпечує їм можливість нейтралізації іонів важких металів та радіонуклідів в ґрунті.

Щодо стратегій знезараження ґрунту, фізичне знезараження та біоремедіація є ключовими підходами. Фізичне знезараження включає в себе застосування різних методів, таких як фітознезараження, екстракція, або інші техніки для видалення токсинів з ґрунту. З іншого боку, біоремедіація використовує живі організми, такі як

бактерії чи рослини, для очищення середовища від забруднюючих речовин шляхом їх розкладання чи видалення.

Використання гуматів у біоремедіації може підсилити процеси утворення комплексів та зменшення токсичності важких металів, що дозволяє покращити результати знезараження ґрунту.

Фізичний вплив для очищення ґрунту використовує різні методи, такі як миття та вилучення парів із ґрунту, і може бути ефективним для різноманітних органічних та неорганічних токсинів. Однак ця стратегія характеризується високими витратами і неефективністю у випадку щільних рідин без водної фази (DNAPL), наприклад, залишків нафти.

Найбільш ефективним вважається термічний метод, який включає обробку ґрунту паром, гарячою водою, вплив сонячної радіації (особливо ефективний у південних районах) або комбінацію з зимовим виморожуванням [14].

У більшості випадків механічні методи локалізації аварійних нафтових розливів включають у себе зведення земляних насипів, застосовуючи важку техніку, таку як бульдозери та вантажівки. Суть локалізації забруднення нафтовуглеводнями за допомогою фізико-хімічних методів полягає в екрануванні поверхні розлитого нафтопродукту. Цей процес включає перетворення його в гелеподібний або твердий стан, що необхідно для запобігання випаровуванню та загорянню.

Для трансформації нафтопродукту у гелеподібний, загущений або твердий стан розроблено спеціальні структуроутворювачі та інші хімічні речовини. Можливість випаровування можна зменшити або практично повністю усунути, накриваючи поверхню забруднювача шаром піни з поверхнево-активних речовин. Для цього розроблені спеціальні піноутворювачі. Збір розлитого рідкого нафтопродукту з поверхні ґрунту, в більшості випадків, здійснюється за допомогою спеціальних насосів – мулозбірників [33-34].

Використання сорбентів для збирання нафтопродуктів та важких металів з поверхні ґрунту давно стало широко визнаною міжнародною практикою. Важливо відзначити, що цей метод ефективний в основному при зборі невеликих обсягів

нафтопродукту з ґрунту, і тому в разі значних виливів його можна використовувати на етапі "дозбирання" палива після застосування збирального устаткування.

Перевагами використання сорбентів є їх вигідна ціна, але важливо враховувати різницю в поглинальній здатності для кожного конкретного випадку [32]. Слід також відзначити, що використання сорбентів потребує ретельного вивчення для кожної конкретної території. Ураховуючи різноманіття структури та біохімічного складу ґрунтів, їх реакція на забруднення може значно відрізнятись. Наприклад, торф'яні ґрунти ефективно поглиблюють нафту і нафтопродукти (1 кг торфу може утримувати від 100 до 500 грамів нафтопродуктів), тоді як піщані та глинисті ґрунти здатні утримувати їх приблизно в 100 разів менше, і при розливі нафти пляма залишається майже повністю на поверхні [33].

Біоремедіація – це довготривалий процес, що використовується для очищення та детоксикації забруднених ділянок шляхом активного використання мікроорганізмів, рослин або гумусовмісних речовин, таких як гумат калію. Цей метод передбачає природне або навмисне введення цих речовин з метою підвищення швидкості деградації та перетворення забруднюючих речовин у нешкідливі складові.

Очищення ґрунтів за допомогою методу біоремедіації стає особливо ефективним, коли використовують продукти на основі гумінових кислот. Гумати виявляються важливим інгредієнтом, сприяючи активізації природних процесів деградації та зниженню токсичності в забрудненому середовищі. Цей підхід визнають як відмінний спосіб вирішення проблем екологічного забруднення та відновлення природних балансів в ґрунті.

Останнім часом широкого застосування набули біологічні методи для ефективного очищення ґрунту від нафтопродуктів. Ці методи передбачають збільшення мікробної активності в зоні забруднення, сприяючи повній біодеградації вуглеводнів до діоксиду вуглецю і води. Одним із ключових аспектів цього підходу є забезпечення достатньої кількості специфічних видів мікроорганізмів у ґрунті та створення оптимальних умов для їх росту і життєдіяльності.

Агротехнічні заходи в цьому контексті відіграють важливу роль, прискорюючи процес самоочищення ґрунтів, забруднених нафтопродуктами. Ці заходи спрямовані

на створення оптимальних умов для мікроорганізмів, зокрема, забезпечуючи необхідну вологість ґрунту, наявність мікроелементів, азоту і фосфору, вільного кисню, встановлення оптимального рівня рН і буферність середовища, а також регулювання температури. Такий комплексний підхід дозволяє досягти ефективного та стійкого результату в очищенні ґрунту від нафтового забруднення.

Набуває дедалі більшого значення інноваційний метод прискорення розкладання нафтопродуктів у ґрунті - внесення спеціальних біодеструкторів. В останні роки цей підхід отримав визнання завдяки своїй ефективності, економічній доступності та екологічній безпеці. Розвиток цього напрямку визначив виникнення галузі екологічної біотехнології, яка базується на виділенні та селекції активних штамів нафтоокислюючих мікроорганізмів, вивченні їх фізико-біохімічних властивостей, а також розробці технологій виробництва та використання біопрепаратів на їхній основі.

Результатом наукових досліджень став створений фонд екологічно корисних мікроорганізмів, спрямований на виробництво біопрепаратів для очищення ґрунтів від нафтових забруднень. Відбір ефективних мікроорганізмів відбувається за критеріями їхньої здатності розкладати різноманітні вуглеводні, стабільності генетичного апарату, збереження життєздатності під час зберігання, швидкого відновлення активності, а також високої ферментативної активності. Окрім того, мікроорганізми повинні бути непатогенними та неінвазивними, відповідати санітарно-гігієнічним вимогам, і не накопичувати токсичних чи інших шкідливих для людини, тварин і рослин продуктів розкладання.

На сьогоднішній день, більшість відомих біопрепаратів ґрунтового очищення базуються на нафтоокислюючих бактеріях конкретних штамів. Однак проведені дослідження свідчать, що введення чужорідних бактерій може пригнічувати місцевий біоценоз, що в свою чергу змінює екосистему, хоча і сприяє нейтралізації токсичних сполук. Таким чином, в сучасних біопрепаратах рекомендується використовувати мікроорганізми, виділені з ґрунту, забрудненого нафтопродуктами, і культивувати їх для подальшого використання в процесі очищення такого типу

грунту. Це підходить для забезпечення ефективного і екологічно безпечного використання біопрепаратів у завданні боротьби з нафтовим забрудненням.

Фітомеліорація є завершальним етапом в процесі реабілітації забруднених ґрунтів і включає в себе видалення залишків нафтопродуктів шляхом висіву нафтостійких трав, які активізують ґрунтову мікрофлору. Для фіторекультивациі нафтозабруднених ґрунтів використовують насіння доступних однорічних і багаторічних трав, які відзначаються розвиненою кореневою системою, підвищеною стійкістю до нафтового забруднення та адаптовані до місцевих умов. Рослини-фітомеліоранти завдяки потужному розвитку кореневої системи сприяють поліпшенню газоповітряного режиму в забрудненому ґрунті, збагачують його азотом і біологічно активними речовинами. Цей підхід допомагає ефективно відновлювати природне середовище після нафтового забруднення і забезпечує стійке відновлення екосистеми.

Технології *ex situ* використовуються для оброблення забрудненого ґрунту, який заздалегідь видалений з поверхні виділеної ділянки землі. Цей підхід дозволяє застосовувати особливо складні методи очищення, які можуть бути ефективнішими, швидше діючими і безпечнішими для ґрунтових вод, тваринного та рослинного світу, а також для місцевих жителів. Технологія *ex situ* передбачає оброблення привезеного з ділянки розливу ґрунту на спеціально обладнаних майданчиках.

Вивезення забрудненого ґрунту дозволяє ефективно та швидко вирішувати проблему забруднення. Зокрема, до механічних методів входять механічне розділення, екскавація і подальший вивіз забруднення; фізико-механічні методи включають спалювання відходів, термічну десорбцію, екстракцію ґрунту парою, промивання ґрунту і екстракцію розчинником; хімічні методи передбачають дегалогенування і хімічне відновлення-окислення; а біологічні методи включають сільськогосподарський обробіток ґрунту і використання біодеструкторів.

Позитивний вплив гумінової кислоти на видалення цих органічних речовин обумовлюється формуванням агрегатів молекул гумінової кислоти, що призводить до утворення мембран та/або міцелей. Ці структури мають гідрофільну зовнішню частину та гідрофобну внутрішню частину. Розподіл гідрофобної органіки з

основного розчину в гідрофобну внутрішню частину цих гумінових кислотних структур може пояснити їхню підвищену ефективність видалення з піщаного матеріалу.

Метод біоремедіації базується на кількох факторах, таких як вартість відновлення, глибина забруднення, тип забруднювача, ступінь забруднення та географічне положення. Цей метод включає короткострокові технології, техніку сепарації та використання біореакторів.

Короткострокова технологія біоремедіації передбачає використання технологій, які включають збір викопаного ґрунту та його наступну аерацію для стимулювання змін у харчуванні та активізації мікроорганізмів. Цей підхід також може включати етап біоремедіації, зокрема, збільшення активності мікроорганізмів. Ключові компоненти цієї методики включають вентиляцію, зрошення та збір поживних речовин.

Техніка сепарації є однією з *ex situ* методик біоремедіації, на яку накладають великі надії. Цей підхід передбачає періодичне перевертання нагромадженого забрудненого ґрунту для посилення біоремедіації шляхом збільшення активності деградації місцевих та тимчасових гідрокарбонкласичних бактерій, що знаходяться в зараженому ґрунті.

Біореактор – це комплексна система, де сировина перетворюється на певні продукти через послідовні біологічні реакції. Різноманітні типи роботи біореакторів залежать від конкретного ринку та спрямовані на оптимізацію капітальних витрат. Умови, створені в біореакторі, наслідують та забезпечують природні процеси клітин, емулюючи та захищаючи їхнє природне середовище для створення оптимальних умов розвитку. Застосування біореакторів для обробки забрудненого ґрунту має безліч переваг порівняно з іншими методами покращення ґрунтів, включаючи оптимальний контроль параметрів біопроцесу, вентиляцію та можливість маніпулювання робочим процесом.

Управління параметрами в біореакторі виявляється ключовим аспектом для оптимізації біологічних реакцій та ефективного зменшення часу біоремедіації [13]. Налаштування цих параметрів дозволяє досягти оптимальних умов для розвитку

біоремедійних мікроорганізмів та покращити швидкість деградації забруднюючих речовин у ґрунті.

2.4. Висновки до розділу

Використання сорбентів для збирання нафтопродуктів з поверхні ґрунту вже давно є широко визнаною міжнародною практикою. Важливо відзначити, що цей метод проявляє свою ефективність переважно при обробці обмежених обсягів нафтопродукту в ґрунті. Таким чином, при значних виливах його рекомендується використовувати на етапі "дозбирання" пального після використання збирального устаткування.

Перевагами використання сорбентів є їх відносно низька ціна, але важливо враховувати, що різна поглинальна здатність може бути обмеженою. Останнім часом, біологічні методи отримали широке застосування. Вони ґрунтуються на збільшенні мікробної активності в зоні забруднення, що сприяє повній біодеградації вуглеводнів до діоксиду вуглецю і води. Це досягається завдяки достатній кількості певних видів мікроорганізмів у ґрунті та створенню оптимальних умов для їхнього росту і життєдіяльності.

Видалення нафтових вуглеводнів з контамінованих зон визначається впливом абіотичних та біотичних процесів. Природні процеси самоочищення та відновлення ґрунтів, забруднених нафтою, відбуваються досить повільно, особливо при високих рівнях забруднення.

Забруднення нафтопродуктами відрізняється від багатьох інших антропогенних втручань тим, що воно призводить не до поступового, а, як правило, "залпового" навантаження на середовище, викликаючи швидку та інтенсивну реакцію.

Зараз існує дві основні стратегії для знезараження ґрунту від хімічного забруднення нафтопродуктами та важкими металами: фізичне знезараження та біоремедіація.

РОЗДІЛ 3

ЕКСПЕРЕМЕНТАЛЬНЕ ДОСЛІДЖЕННЯ ЗДАТНОСТІ ҐРУНТУ, ЗАБРУДНЕНОГО НАФТОПРОДУКТАМИ, ДО САМОВІДНОВЛЕННЯ

З метою дослідження здатності ґрунту, забрудненого нафтопродуктами, до самовідновлення, нами було підготовлено ділянку для дослідження, на якій частину ґрунту було забруднено авіаційним паливом марки ТС-1 у кількості 10 (ОДК), що дорівнює 0.2 мг/кг.

Після чого було визначено за допомогою біотестування (ростовий тест, з використання насіння крес-салат (*Lepidium sativum*), рівень фітотоксичності проб ґрунту без нафтопродукту та забрудненого нафтопродуктом. Досліджувана ділянка представлена на рис.3.1.



Рис. 3.1. Ділянка для дослідження

Фітотоксичність ґрунту була визначена за допомогою ростового тесту за методикою А. Горової. У якості тест-рослини використано крес-салат *Lepidium sativum*. Наважка ґрунту становила 4 г і 20 штук насіння розподіляли рівномірно на поверхні чашки Петрі, потім заливали 7 мл відстояної кип'яченої водопровідної води. Насіння салату пророщували за температури 23-24°C. Через 96 годин після

початку пророщування вимірювали довжину наземної та кореневої частини проростків крес-салату (рис. 3.2, 3.3).

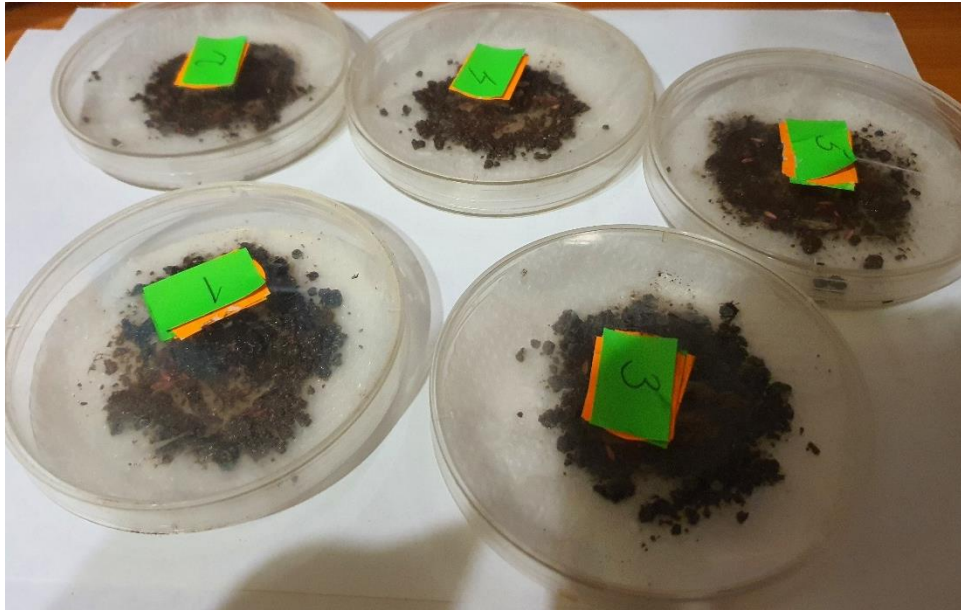


Рис. 3.2. Зразки ґрунту до пророщування насіння крес-салату *Lepidium sativum*

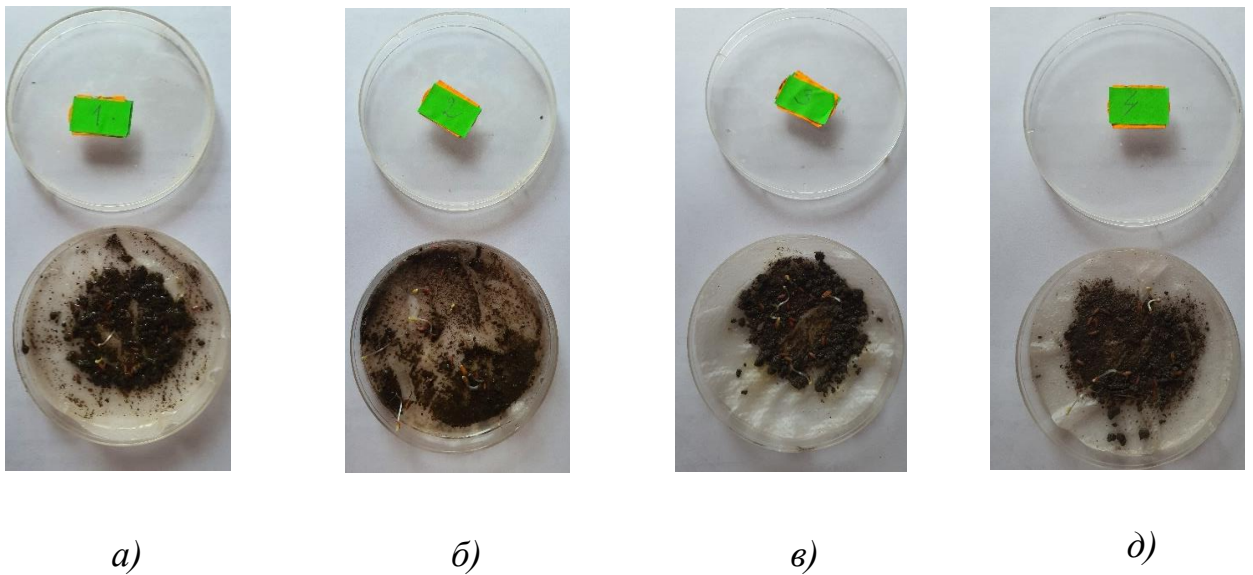


Рис. 3. Зразки ґрунту після пророщування насіння крес-салату *Lepidium sativum*: а) зразок штучнозабрудненого ґрунту на початку дослідження; б) зразок ґрунту на 10-ту добу дослідження; в) зразок ґрунту на 20-ту добу дослідження; г) контрольний зразок ґрунту (не забруднений нафторпродуктом)

Кожний варіант досліду виконали у 3-разовій повторності.

Як відомо, застосування біотестування з використанням рослинних тест-систем дає можливість визначити рівень токсичності ґрунту через вплив на ростові параметри рослин, зокрема [2].

Результати біотестування досліджуваних проб представлені у табл. 3.1.

Таблиця 3.1

Результати біотестування проб ґрунту

№ з/п	Назва проби	Довжина кореня, см	Довжина стебла, см	Довжина рослини, см
1	Проба ґрунту не забруднена авіаційним керосином марки ТС-1 (контрольний зразок)	3,1	2,8	5,9
2	Проба ґрунту забруднена авіаційним керосином марки ТС-1	2,5	2,0	4,5
3	Зразок ґрунту, забрудненого авіаційним керосином марки ТС-1, на 10-ту добу дослідження	2,7	2,1	4,8
4	Зразок ґрунту, забрудненого авіаційним керосином марки ТС-1, на 20-ту добу дослідження	2,9	2,3	5,2

Фітотоксичний ефект ($Y_{\text{фе}}$, %) було розраховано за формулою (3.1):

$$Y_{\text{фе}} = \frac{L_0 - L_x}{L_0} \times 100\% \quad (3.1)$$

Фітотоксичний ефект визначений для проба ґрунту забруднена нафтопродуктом:

$$Y_{\text{фе}} = \frac{L_0 - L_x}{L_0} \times 100\% = \frac{5,9 - 4,5}{5,9} = 24 \times 100 = 24 \%$$

Фітотоксичний ефект визначений для проба ґрунту забрудненої нафтопродуктом на десяту добу спостереження:

$$Y_{\text{фе}} = \frac{L_0 - L_x}{L_0} \times 100\% = \frac{5,9 - 4,8}{5,9} = 0,19 \times 100 = 19 \%$$

Фітотоксичний ефект визначений для проба ґрунту забрудненої нафтопродуктом на 20-ту добу спостереження:

$$Y_{\text{фе}} = \frac{L_0 - L_x}{L_0} \times 100\% = \frac{5,9 - 5,2}{5,9} = 0,12 \times 100 = 12 \%$$

Порівняльна характеристики фітотоксичного ефекту для досліджених зразків проб ґрунту

№ з/п	Назва проби	Фітотоксичний ефект досліджених проб ґрунту, %	Рівень пригнічення ростових процесів (фітотоксичний ефект), %	Рівень токсичності
1	Проба ґрунту забруднена авіаційним керосином марки ТС-1	24	20,1-40	Середній рівень
2	Зразок ґрунту, забрудненого авіаційним керосином марки ТС-1, на 10-ту добу дослідження	19	0-20	Відсутність або слабкий рівень токсичності
3	Зразок ґрунту, забрудненого авіаційним керосином марки ТС-1, на 20-ту добу дослідження	12	0-20	Відсутність або слабкий рівень токсичності

Аналізуючи отримані результати можемо зробити висновок про зростання фітотоксичної ґрунту, забрудненого авіаційним паливом. А також, про те, що за період дослідження рівень фітотоксичності ґрунту зменшився майже у 2 рази за рахунок здатності ґрунту до самовідновлення після штучного забруднення даного ґрунту авіаційним керосином марки ТС-1.

РОЗДІЛ 4

ОХОРОНА ПРАЦІ

Магістерська робота присвячена вивченню самовідновлювальної здатності ґрунтів, які піддавалися впливу нафтопродуктів. Важливо врахувати безпечні умови праці у спеціалізованій лабораторії, де проводиться обробка та аналіз результатів. Для забезпечення безпечної праці в лабораторії важливо враховувати шкідливі та небезпечні фактори.

Приміщення хімічної лабораторії повинно відповідати державним будівельним нормам і правилам, а також санітарним стандартам. Запропоноване обладнання та планування повинні враховувати специфіку досліджень і забезпечувати ефективний контроль за усіма аспектами досліджень.

4.1. Аналіз шкідливих та небезпечних виробничих факторів в лабораторії

Всі типи палив, мастильних матеріалів і спеціальних рідин виявляють певний рівень токсичності та пожежонебезпеки, а також є потенційно вибухонебезпечними. Однак важливо розуміти основні екологічні характеристики експлуатаційних матеріалів, що проявляються під час взаємодії з людьми та навколишнім середовищем. Зокрема, до найзначущих з цих властивостей входять токсичність, рівень пожежонебезпеки, потенційна вибухонебезпека та здатність матеріалів до електризації. [27].

При здійсненні роботи в лабораторії працівника може піддаватися впливу різноманітних небезпечних та шкідливих факторів. Згідно з міжнародним стандартом ДСТУ*, всі такі фактори розподіляються за природою впливу на наступні групи:

- фізичні;
- хімічні;
- біологічні;

- психофізіологічні.

Кожна з цих груп подальшим чином розглядається з більшою конкретикою для ідентифікації небезпечних та шкідливих виробничих факторів.

Під час лабораторних досліджень у працівників може виникати вплив різноманітних небезпечних та шкідливих виробничих факторів, зокрема:

- фізичні (електричний струм, недостатня освітленість, електромагнітне випромінювання, непридатні умови вологості та температури в робочій зоні, підвищений рівень шуму, велика концентрація шкідливих речовин у повітрі);
- хімічні (використання дезінфікуючих засобів, реактивів, канцерогенів, речовин, які можуть подразнювати);
- механічні (робота з лабораторним склом, пробірками, різальними та колючими інструментами, наявність гострих країв тощо);
- біологічні (контакт з різноманітними мікроорганізмами, такими як бактерії, віруси, гриби, гельмінти та їх життєві продукти);
- людські (фізичні, нервово-психічні та інші);
- пожежонебезпека.

Забезпечення безпеки праці в лабораторії передбачає дотримання встановлених стандартів та норм, впровадження заходів для мінімізації ризиків та надання працівникам необхідного захисту.

При проведенні досліджень у лабораторії персонал стикається з різноманітними потенційно небезпечними речовинами, такими як авіаційне та дизельне паливо, бензин А-95, масла, робочі рідини та інші хімічні речовини. Контакт із цими речовинами може становити певний ризик для здоров'я персоналу.

Зокрема, тривала робота і неправильно організований робочий день можуть спричинити перевантаження людського організму та викликати втомленість. Забезпечення адекватного робочого графіку, відпочинку та дотримання правил техніки безпеки є важливими аспектами для збереження здоров'я персоналу та запобігання негативним наслідкам.

Основні причини виникнення пожеж у лабораторії включають:

- Несправність лабораторного обладнання та порушення правил його користування.
- Несправність електроустановок та мережі, що може призвести до перегріву або короткого замикання.
- Вибух горючих сумішей та їх самозаймання при неправильному зберіганні або недостатньому розумінні пожежної небезпеки.
- Надмірна кількість горючих матеріалів у пожежонебезпечних зонах.

Будівля, де знаходиться лабораторія, повинна мати розроблений план евакуації та аварійний вихід для негайної евакуації працівників [29]. З метою ліквідації пожеж на ранній стадії їх розвитку рекомендується використовувати вогнегасники відповідно до вимог ДСТУ 3675-98 "Пожежна техніка. Вогнегасники переносні. Загальні технічні вимоги та методи випробувань" та "Пожежна техніка. Вогнегасники пересувні. Загальні технічні вимоги" [30,31].

4.2. Заходи безпеки при використанні ПММ

Перш ніж розпочати роботу, всі лаборанти, які працюють із нафтопродуктами, повинні успішно пройти медичний огляд. Крім того, вони повинні ознайомитися та завжди мати під рукою інструкції з технічної, особистої та пожежної безпеки. Оскільки практично всі види робіт пов'язані з нафтопродуктами, слід виконувати в спецодязі та спецвзутті. Кожен працівник повинен мати індивідуальні засоби захисту, такі як маски, окуляри, рукавички, протигази та інші. Крім того, робочі інструменти повинні бути виготовлені з кольорового металу або обміднені для дотримання вимог безпеки.

Перш ніж розпочати роботу, необхідно переконатися в справності електричного обладнання та освітлювальної мережі на робочому місці. Важливо дотримуватися вимог безпеки, не працювати у закритих приміщеннях, де зберігають нафтопродукти, у разі відсутності або несправності витяжної вентиляції.

При загорянні одягу важливо вжити негайні заходи: збити полум'я та закутати потерпілого в ковдру, пальто або інші доступні матеріали. Після гасіння вогню

обробити обпалені місця, промивши їх концентрованим розчином перманганату калію. Важливо уникати використання води, оскільки це може спричинити утворення пухирів та посилити біль. При сильних опіках обов'язково звертатися за медичною допомогою.

У випадку отруєння парами нафтопродукту необхідно негайно вивести потерпілого на свіже повітря, викликати лікаря та надати першу допомогу. Забезпечте спокій, дайте заспокійливе, а при непритомному стані принісьте до носа нашатирний спирт. Після відновлення дихання рекомендується напоїти хворого міцним чаєм або кавою. У разі серйозних ушкоджень необхідно негайно звертатися за допомогою медичних фахівців.

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

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

У випадку загоряння нафтопродуктів необхідно утриматися від заливання води, оскільки це може призвести до розтікання продукту по поверхні води та інтенсифікації полум'я. Для ліквідації вогню важливо якнайшвидше обмежити доступ повітря до палаючого предмету.

Для запобігання шкірним захворюванням рекомендується використовувати індивідуальні засоби захисту, які потребують постійного кваліфікованого підходу. Якщо спецодяг забруднився або виникла потреба в його ремонті перед встановленим терміном, це слід провести в передчасному порядку. Відкриті ділянки шкіри при роботі з ПММ важливо захищати профілактичними пастами, які призначаються лікарем на підставі результатів профілактичного огляду.

Для ефективного видалення нафтопродуктів та інших заводських забруднень з рук широко використовується автолову мазь (ФС 42-303-72) [27]. Паста "Раллі-М" ідеально підходить для миття рук, особливо якщо вони сильно забруднені маслами, іржею, фарбами та іншими хімічними речовинами.

Отруєння важкого ступеня зазвичай виникають внаслідок вдихання парів продуктів термічного розкладання масел. Це явище спостерігається у замкнутих просторах та системах техніки, особливо при тривалому використанні за

підвищених температур. Важливо дотримуватися безпекових заходів та вживати заходів запобігання для уникнення цього виду ризиків.

Отже, для уникнення отруєння маслами рекомендується дотримуватися таких запобіжних заходів:

- Виконувати всі роботи при підвищених температурах у добре провітрюваних приміщеннях або на відкритому повітрі, використовуючи спецодяг.
- При потраплянні масел на одяг слід негайно протерти місця забруднень гасом, а після цього просушити одяг на відкритому повітрі.
- Після завершення роботи слід ретельно промити робочий інструмент гасом та взяти теплий душ із милом для миття шкіри. Всі ці заходи спрямовані на зменшення ризику отруєння та забезпечення безпеки працівника під час взаємодії з маслами.

З відпрацьованими маслами слід бути надзвичайно обережними, оскільки вони є вкрай отруйними та представляють значну небезпеку для шкіри. Крім того, ці масла вважаються потужними забруднювачами, тому важливо уникати їх зливання у каналізацію або на землю. Замість цього, вони повинні збиратися у спеціальні посудини, щоб забезпечити відповідну обробку та уникнути негативного впливу на навколишнє середовище. Ці прості заходи допомагають забезпечити безпечну та екологічно чисту робочу обстановку.

Щодо системи вентиляції, її проектування та експлуатації повинні відповідати високим стандартам санітарно-гігієнічної безпеки, зокрема:

- Забезпечувати нормовані параметри повітряного середовища в робочій зоні приміщення.
- Уникати створення протягів або різкого охолодження на робочому місці.
- Не допускати введення зовнішнього забрудненого повітря або засмокування забрудненого повітря з інших приміщень.
- Бути доступними для ремонту та обслуговування під час експлуатації.
- Уникати створення додаткових незручностей під час роботи.
- Бути економічними, а також безпечними відносно вибухів та пожежі.

- Відповідно до цих критеріїв, система вентиляції повинна забезпечувати комфортні та безпечні умови праці, враховуючи не лише санітарні норми, але й аспекти безпеки та ефективності в експлуатації.

4.3. Рекомендації щодо покращення умов праці лаборанта

Система заходів та засобів для попередження забруднення повітря в робочій зоні та забезпечення захисту працівників включає в себе широкий спектр інновацій:

- Вилучення та Заміна Шкідливих Речовин: Впровадження ефективних методів вилучення шкідливих речовин з технологічного процесу та їх заміна менш токсичними альтернативами.

- Поліпшення Технологічних Процесів: Вдосконалення технологічних процесів та устаткування для зменшення впливу на навколишнє середовище та забезпечення безпеки працівників.

- Автоматизація Технологічних Процесів: Використання автоматизованих систем для обмеження прямого контакту працівників зі шкідливими речовинами.

- Герметизація та Локалізація: Застосування герметизації виробничого обладнання та локалізації шкідливих парів за допомогою місцевої вентиляції.

- Підтримання Систем: Забезпечення ефективності систем опалення, вентиляції, кондиціонування повітря та очистки викидів у навколишньому середовищі.

- Медичні Огляди та Профілактика: Проведення регулярних медичних оглядів працівників, їх профілактичне харчування та дотримання правил особистої гігієни.

- Індивідуальний Захист: Використання засобів індивідуального захисту для забезпечення безпеки працівників в умовах можливого впливу шкідливих факторів.

Цей комплекс заходів має на меті не лише забезпечити безпеку працівників, але й зменшити негативний вплив виробництва на навколишнє середовище.

Органи дихання працівників ефективно захищаються різними видами

респіраторів та протигазів, спеціально розробленими для забезпечення безпеки при роботі в умовах обмеженого вмісту шкідливих речовин у повітрі та з вмістом кисню не менше 18%. Серед найбільш вживаних видів засобів захисту вирізняють:

- Протипилові Респіратори: Забезпечують ефективний захист від пилу та аерозолей, зменшуючи ризик ураження дихальних шляхів працівників.
- Протигазові Респіратори: Призначені для захисту від газів і парів, які можуть бути шкідливими для органів дихання. Вони забезпечують ефективний фільтраційний бар'єр.
- Універсальні Респіратори: Комбінують властивості протипилових і протигазових респіраторів, забезпечуючи комплексний захист від різних видів забруднень повітря.

Респіратори складаються з маски або напівмаски та фільтра, який ефективно фільтрує шкідливі частки та аерозолі. На ринку промислових засобів безпеки представлені різні марки респіраторів, такі як Ф-62Ш, ШБ-1 “Лепесток”, “Астра-2” та інші, які відзначаються високою ефективністю та надійністю в умовах промислових виробництв.

З метою забезпечення безпеки робітників хімічних лабораторій від негативного впливу небезпечних та шкідливих факторів, використовуються засоби колективного та індивідуального захисту, які відповідають вимогам та нормам, встановленим відповідно до ДСТУ 7238:2011.

Інженерно-технічний персонал лабораторій повинен бути обладнаний засобами індивідуального захисту, що відповідають чинним вимогам і нормативам. Використання цих заходів дозволяє забезпечити ефективний захист від потенційно небезпечних речовин та забезпечити безпечні умови праці для персоналу.

Таким чином, система охорони праці повинна гарантувати належний рівень безпеки праці в лабораторній області, дотримуючись встановлених гранично допустимих рівнів. Актуальний стан заходів з охорони праці у використаній лабораторії відповідає визначеним нормам і стандартам безпеки.

4.4. Пожежна безпека

Накопичення статичної електрики в ємностях, таких як резервуари і цистерни, створює великі потенціали, які можуть призвести до іскрового розряду і, в кінцевому рахунку, спричинити пожежу. Заземлення всіх ємностей є ефективним заходом для запобігання виникненню розрядів статичної електрики, і важливо регулярно перевіряти їх справність під час експлуатації.

Щоб уникнути пожеж при зливанні нафтопродуктів у резервуари, їх обов'язково заземлюють. Оператор-заправник та водій автомобіля-цистерни повинні перебувати поруч з резервуаром протягом усього процесу зливу нафтопродукту. Запалювання сигарет, виправлення несправностей у системі запалювання карбюраторних двигунів та інші роботи, пов'язані з ремонтом транспортних засобів, заборонені на всій території паливозаправного пункту. Відстань між автомобілем, що перебуває ззаду, повинна бути не менше 3 метрів, а між наступними автомобілями - не менше 1 метра.

Під час заправки автомобілів важливо мати на увазі безпекові заходи. Заправка повинна проводитися лише при вимкненому двигуні транспортного засобу. У випадку грози заправка автомобілів та переливання нафтопродуктів у ємності строго заборонені, оскільки це може створити небезпечні умови.

Зовнішні поверхні наземних резервуарів та цистерн повинні бути чітко позначені написами "Вогнебезпечно" та "Не курити". Це важливо для забезпечення свідомості про потенційну небезпеку та виключення джерел вогню в цьому місці. Крім того, всі елементи паливозаправних засобів, включаючи транспортні засоби-цистерни, повинні бути у технічно справному стані, забезпечуючи безпечний процес перекачування пального.

Під час проведення операцій з зливу та заправки, а також перекачування пального між ємностями, обов'язково важливо уникати витоків палива на робочі поверхні та підлогу. Якщо виникають витoki, слід негайно вживати заходів для їх контролю.

Місця витоків палива можна ефективно обробити тонким шаром сухого піску.

Після відсмоктування ці матеріали слід негайно вивозити за межі робочої території для подальшої утилізації.

Також, для видалення пролитого бензину використовують тривідсотковий водяний розчин хлорного вапна, наносячи його у вигляді тонкого шару на місця витоків. Важливо зазначити, що з метою попередження загоряння пролитого бензину необхідно утримувати хлорне вапно у вологому стані та уникати його застосування у вигляді сухого порошку.

Територію паливозаправного пункту обгороджують захисним забором, висота якого не менше 2,1 метра. При впорядкуванні зеленої зони довкола території слід висаджувати виключно дерев'янисті рослини, розташовуючи їх на відстані не менше 5 метрів від резервуарів та стовпчиків.

Проїзну частину паливозаправного пункту покривають твердим покриттям для забезпечення зручності та безпеки руху. Додатково, вона оснащується аварійними стоками відкритого типу та спеціальними колодязями із ямами для збору можливих розливів нафтопродуктів. Ці заходи призначені для ефективного контролю та уникнення можливих аварій та виливів.

Пожежі на паливозаправних пунктах можуть виникнути з-за несправностей в електропроводах, які живлять електродвигуни та освітлювальні прилади. У таких випадках важливо, щоб вибухозахисні пристрої були в ідеальному стані, без будь-яких механічних ушкоджень.

Автотранспортні засоби на паливозаправних пунктах повинні рухатися з обережною швидкістю, не перевищуючи 5 км/год, і обов'язково дотримуватись рекомендованої дистанції між автомобілями, зокрема тими, які здійснюють заправку.

Заправка транспортних засобів з наявністю пасажирів чи вантажем, який містить легкозаймисті матеріали (наприклад, сіно, бавовна), є категорично забороненою з метою забезпечення безпеки та попередження небезпеки пожежі.

Використання води для гасіння загоряння рідких нафтопродуктів категорично заборонено. Це пов'язано з тим, що щільність нафтопродуктів менше, ніж щільність води. В результаті запалене паливо може спливати на поверхню води, не зменшуючи інтенсивність горіння. У випадку полум'я на поверхні нафтопродуктів у резервуарах

та паливних баках гасіння проводять, герметично закриваючи люки та кришки заливних горловин.

З боку зовнішньої поверхні застосовують різноманітні матеріали, такі як пісок, вогнегасники, азбестові матеріали, бавовняні тканини та брезенти. Вода використовується лише у складі спеціальних піноутворюючих речовин та у формі повітряно-механічної піни, яку надають пожежні машини.

У випадку загоряння одягу на людині, необхідно негайно приймати заходи для гасіння. Одяг, який знаходиться під впливом вогню, слід накрити повітронепроникною тканиною, щоб заглушити вогонь. Після цього інші уражені ділянки одягу слід обильно змочити струменем води, щоб забезпечити повністю гасіння пожежі.

Перед початком будь-яких робіт, пов'язаних з відкритим вогнем або можливістю утворення іскор, відповідальна особа за виробництво повинна перевірити аналіз повітря на місці, де можливе вибухонебезпечне накопичення парів. Також важливо визначити точне розташування зварювального устаткування. У зонах, де проводяться зварювальні роботи, не повинно проникати пароповітряна суміш нафтопродуктів.

При виконанні зварювальних робіт заборонено переносити під напругою проводи від зварювальних апаратів, залишати електрозварювальний апарат включеним без присутності електрозварника і зварювати деталі, на яких ще не висохла фарба.

Паливозаправні пункти повинні бути належним чином захищені від можливих ударів блискавки. Це досягається за допомогою системи стрижневих струмовідводів, кількість яких повинна бути не менше двох. Стрижні для відведення блискавки можуть бути виготовлені з різних матеріалів, таких як залізо, залізобетон чи дерево. Блискавкоприймачі, в свою чергу, виготовляються з будь-якої відомої марки сталі та піддаються обробці антикорозійними засобами. З'єднання між блискавкоприймачами та струмовідводами здійснюється методом електрозварювання для забезпечення надійної системи відведення блискавки.

Процес гасіння горіння нафтопродуктів полягає в ефективному відокремленні

полум'я палаючого матеріалу від доступу кисню в повітрі. Це досягається за допомогою різноманітних засобів, серед яких можна виділити наступні:

- Використання інертних газів;
- Застосування водяної пари;
- Використання хімічної піни;
- Застосування повітряно-механічної піни;
- Використання порошкоподібних речовин;
- Застосування піску та інших матеріалів.

Інертні гази та водяна пара ефективно використовуються, особливо в закритих приміщеннях або в резервуарах, що не заповнені повністю, де їх інтенсивне впливання може призвести до зупинення процесу горіння.

Хімічна піна представляє собою збурені бульбашки вуглекислого газу, покриті тончайшим водяним шаром. Для отримання повітряно-механічної піни використовують спеціальні піногенератори, де комбінують пінопорошок (0,4–0,2%), воду (9,6–9,8%), та 90% повітря.

Пісок вважається одним з найефективніших засобів для гасіння пожежі. Його зберігають у шухлядах з щільними кришками, які мають захищати від вологи та забруднень. У випадку відсутності піску, можна використовувати ґрунт, а для локальних вогнів – мішковину чи покривала з асбестониткової тканини.

ВИСНОВКИ

Основними джерелами забруднення ґрунтів на авіапідприємствах нафтопродуктами є витіки і розливи різних видів авіаційних паливних, мастильних та інших нафтопродуктів. Це може відбуватися під час заправки та обслуговування літаків, а також унаслідок аварій та нещасних випадків на авіаплощадках. Для забезпечення ефективного контролю та запобігання забрудненню ґрунтів важливо впроваджувати та дотримуватися високих стандартів екологічної безпеки, а також впроваджувати заходи щодо вчасного виявлення та ліквідації можливих витоків та аварій.

Вплив нафтопродуктів на екологічний стан ґрунтів є серйозною проблемою, яка суттєво впливає на природні екосистеми. Нафтопродукти, внаслідок виливів, розливів та інших аварій, проникають у ґрунт, спричинюючи забруднення та знищення корисних організмів та мікроорганізмів. Це може призводити до втрати родючості ґрунтів, зменшення росту рослин, а також до поширення токсичних речовин у природних екосистемах. З метою збереження екологічної рівноваги та попередження забруднення ґрунтів нафтопродуктами, необхідно вдосконалювати методи їхньої переробки, контролю та надзору за використанням та зберіганням, а також впроваджувати технології реабілітації забруднених територій.

Способи відновлення ґрунтів, забруднених нафтопродуктами, включають ефективні методи, такі як очищення сорбентами, фітомеліорація та використання фіто-індикаторів. Очищення сорбентами виявляється високоефективним методом, який дозволяє звести до мінімуму вплив нафтових забруднень. Фітомеліорація, з використанням спеціально вибраних рослин, сприяє активному розкладанню нафтопродуктів та покращенню стану ґрунту. Фіто-індикатори виступають важливим інструментом для визначення ступеня забруднення та ефективності процесів очищення. Комплексне застосування цих методів відновлення сприяє збереженню екологічної стійкості природних екосистем та покращенню якості ґрунтів.

За допомогою біотестування, в ході дослідження, ми визначили фітотоксичність ґрунту, за допомогою росткового тесту. Як відомо, застосування біотестування з використанням рослинних тест-систем дає можливість визначити рівень токсичності ґрунту через вплив на ростові параметри рослин, зокрема.

В результаті, ми отримали такі показники: ділянка, не забруднена керосином отримала більші показники в довжині кореня, стебла та самої довжини рослини, ніж забруднена.

На 10-ту та 20-ту добу дослідження, показники так і не дотягнулись до результатів контрольного зразу, який не був забруднений.

Жодна проба з забрудненої ділянки не догнала результати незабрудненої ділянки, навіть на 20-ту добу дослідження.

В результаті обрахунку фітотоксичного ефекту, можемо сказати, що забруднена ділянка мала 24%, на 10-ту добу - 19%, а на 20-ту добу - 12%.

Результати від 0-20% відповідають за слабкий рівень забруднення. Проба, яка була взята відразу, і мала результат 24% відповідає в шкалі результаті від 20,1-40, та має середній рівень забруднення.

Аналізуючи отримані результати можемо зробити висновок про зростання фітотоксичної ґрунту, забрудненого авіаційним паливом. А також, про те, що за період дослідження рівень фітотоксичності ґрунту зменшився майже у 2 рази за рахунок здатності ґрунту до самовідновлення після штучного забруднення даного ґрунту авіаційним керосином марки ТС-1.

СПИСОК БІБЛІОГРАФІЧНИХ ПОСИЛАНЬ ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Бровко Ф. М. Сучасні проблеми та здобутки лісової рекультивації відвальних ландшафтів в Україні / Ф. М. Бровко // Лісове і садово-паркове господарство. 2012. 42–49 с.
2. Николайкина Н. Е., Николайкин Н. И., Матягина А. М. Промышленная экология. Инженерная защита биосферы от воздействия воздушного транспорта. М.:ИКЦ «Академкнига», 2006. 232 с.
3. Николайкин Н. И. Регулирование состояния антропогенно-изменённых экосистем вокруг комплексов авиапредприятий в жизненном цикле авиаперевозок // Научный вестник МГТУ ГА. 2010. № 162. 22–30 с.
4. Франчук Г. М., Ісаєнко В. М. Екологія, авіація і космос. К.: НАУ, 2005. 450 с.
5. Мирошниченко Н. Н. Принципы регламентации углеводородного загрязнения почв Украины / Н. Н. Мирошниченко // Почвоведение. 2008. № 5. 614–622 с.
6. Зміни родючості ґрунту при вуглеводневому забрудненні / М. М. Мірошниченко, А. І. Фатєєв, Є. В. Панасенко, В. І. Якушко // Вісник аграрної науки. 2016. №10. 52–54 с.
7. Soil contamination: impacts on human health. In-depth report. – Bristol: Science Communication Unit, University of the West of England. 2013. 29 с.
8. Абрамов Ю. О. Моніторинг надзвичайних ситуацій / Ю. О. Абрамов, Є. М. Грінченко, О. Ю. Кірючкін та ін. – Харків : Вид-во АЦЗУ, 2005. – 530 с.
9. Бабаджанова О. Ф. Роль сорбентів у ліквідації аварійних розливів нафтопродуктів із поверхні ґрунту / О. Ф. Бабаджанова, Н.М. Гринчишин // Вісник Львівського державного університету безпеки життєдіяльності : зб. наук. праць. – Львів : Вид-во Львівського ДУ БЖД. – 2010. – № 4. – С. 75–81.

10. Шестопалов О. В. Охорона навколишнього середовища від забруднення нафтопродуктами: навч. посіб. / О. В. Шестопалов, Г. Ю. Бахарєва, О. О. Мамедова та ін. – Х. : НТУ «ХП», 2015. – 116 с.
11. Frutos FJG. et al. Bioventing remediation and eco-toxicity evaluation of phenanthrene-contaminated soil. *Journal Hazard. Mater.* 2010. Vol. 183. P. 806–813.
12. Sith E. et al. Remediation trials for hydrocarbon contaminated soils in arid environments: evaluation of bioslurry and biopiling techniques. *Int. Biodeterior. Biodegradation.* 2015. Vol. 101. P. 56–65.
13. Gomez F. and Sartaj M. Optimization of field scale biopiles for bioremediation of petroleum hydrocarbon contaminated soil at low temperature conditions by response surface methodology (RSM). *Int. Biodeterior. Biodegradation.* 2014. Vol. 89. P. 103–109.
14. Khudur L. S. et al. Evaluating the efficacy of bioremediating a diesel-contaminated soil using ecotoxicological and bacterial community indices. *Environ. Sci. Pollut. Res.* 2015. Vol. 22. P. 14809–14819
15. Разанов С. Ф. Зниження важких металів в рослинах та живих організмах. Збірник наукових праць ВНАУ. 2012. С. 75–79.
16. Єгоров Т. М. Фоновий уміст важких металів як екологічна характеристика ґрунтів Лісостепу. *Агроекологічний журнал.* №. 2014. С. 28–34.
17. Reductive dechlorination of HCH isomers in soil under anaerobic conditions. P. J. Middeldorp, W. Doesburg, G. Schraa [and oth.]. *Biodegradation.* 2005. № 16. P. 283–290.
18. Монарх В. В. Оцінка екологічних ризиків забруднення пестицидами компонентів агроєкосистеми. *Збалансоване природокористування.* 2014. № 1. С. 1–2.
19. Даниленко Ю. Ю. Взаємозв'язок показників стану зрошеного агроландшафту. *Еколого-збалансоване управління меліорованими ландшафтами: збірник матеріалів Міжнар. Науково-практ. конф. молодих вчених.* Херсон: РВВ «Колос», 2010. С. 62–63.
20. Єгорова Т. М. Еколого-геохімічні процеси міграції цинку в агроландшафтах України. *К.: Агроекологічний журнал.* 2014. № 3. С. 14–22.

21. Надточій П. П., Герасимчук Л. О. Міграція Cu, Zn, Pb, Cd в дерновопідзолистому ґрунті при різних рівнях імпактного поліметалічного забруднення. Вісник Житомирського національного агроекологічного університету. Науково-теоретичний збірник. 2011. № 2 (29). Том 1. С. 21–37.
22. Laboudique J. V. Heavy metal contamination in soils, in agriculture and the quality of our environment. Am. Assoc. Adv. Sci. Publ, 85, 2005, p. 343.
23. Дж. Гофман, О. Ван Клімпут, М. Сьоме, Городній М. М. Якість ґрунтів та сучасні стратегії удобрення. К.: Арістей, 2004. 487 с.
24. Кавецький В. М., Гець Т. С. Екотоксикологічна оцінка фтору при застосуванні фосфоритів місцевих родовищ України. Вісник аграрної науки Причорномор'я. Т.2, спец. випуск 3(12). 2001. С. 59–63.
25. Greger m., landberg T., Bengtsson L. Cadmium uptake in wheat – influence of nitrogen supplementation. Rep. From Cadmium Seminar «Cadmium from Plough to Plate», 12 June 2002 in Uppsala, Sweden. Uppsala, 2005. P. 17.
26. Jonsson J. O., Erikson J. E. The effect of fertilization for higher potention content on Cd level in wheat grain. 7-th ICOBTE. Uppsala, 2003. V. 3. P. 242–243.
27. Ткачук О. П., Яковець Л. А. Особливості забруднення зернової продукції важкими металами в умовах Вінницької області. Збірник наукових праць. Сільське господарство та лісівництво. Вінниця, 2016. Вип. 4. С. 179–186.
28. Дегодюк С. Е., Літвінова О. А., Кириченко А. В. Вплив тривалого застосування добрив на розподіл фосфору за фракціями ґрунтового профілю. К.: Збалансоване природокористування. 2014. № 2. С. 73–77.
29. Василенко М. Г., Зосімов В. Д. Роль органо-мінеральних добрив у підвищенні продуктивності сірих лісових ґрунтів. К.: Збалансоване природокористування. 2014. № 2. С. 45–49.
30. Бобик О. С., Біленчук П. Д., Чирва Ю. О. Екологічне право України: Навч. посібник. К.: Атіка, 2001. 216 с.
31. Агроекологія: навчальний посібник / Фесенко А. М., Солошенко О. В., Гаврилович Н. Ю. та ін. Харків: ХНТУСГ, 2013. 291 с.

32. Використання рослинних тест-систем для визначення екологічного стану ґрунтів на території аеропорту / Л. М. Черняк, О. М. Міхеєв, С. М. Маджд, А. О. Гриб // Вісник КрНУ імені Михайла Остроградського. – 2020. – №4. – С. 50–54.

33. Бабаджанова О. Ф. Роль сорбентів у ліквідації аварійних розливів нафтопродуктів із поверхні ґрунту / О. Ф. Бабаджанова, Н. М. Гринчишин // Вісник Львівського державного університету безпеки життєдіяльності : зб. наук. праць. – Львів : Вид-во Львівського ДУ БЖД. – 2010. – № 4. – С. 75–81.

34. Абрамов Ю. О. Моніторинг надзвичайних ситуацій / Ю. О. Абрамов, Є. М. Грінченко, О. Ю. Кірючкін та ін. – Харків : Вид-во АЦЗУ, 2005. – 530 с.

ДОДАТКИ

Додаток А

Схема класифікації сорбентів

