

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ  
НАЦІОНАЛЬНИЙ АВІАЦІЙНИЙ УНІВЕРСИТЕТ  
НАВЧАЛЬНО-НАУКОВИЙ ІНСТИТУТ  
ЕКОЛОГІЧНОЇ БЕЗПЕКИ  
КАФЕДРА ЕКОЛОГІЇ

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

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

ВИПУСКНИКА ОСВІТНЬОГО СТУПЕНЯ МАГІСТР

ЗА СПЕЦІАЛЬНІСТЮ 101 «ЕКОЛОГІЯ ТА ОХОРОНА НАВКОЛИШНЬОГО  
СЕРЕДОВИЩА»

**Тема: «Оцінка фітотоксичності сумішевих авіаційних палив із застосуванням  
рослинних тестерів»**

Виконавець: студентка групи ЕК-201Мз Новаківська Тетяна Миколаївна  
(студент, група, прізвище, ім'я, по батькові)

Керівник: докт.техн.наук, професор кафедри екології Матвєєва Ірина Валерівна  
(науковий ступінь, вчене звання, прізвище, ім'я, по батькові)

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

Кажан К. І.  
(П.І.Б.)

Нормоконтролер: \_\_\_\_\_  
(підпис)

Явніюк А. А.  
(П.І.Б.)

КИЇВ 2020

# НАЦІОНАЛЬНИЙ АВІАЦІЙНИЙ УНІВЕРСИТЕТ

Навчально-науковий інститут Неперервної освіти

Кафедра екології

Напрямок (спеціальність, освітньо-професійна програма): спеціальність 101 «Екологія», ОПП: «Екологія, охорона навколишнього середовища та збалансоване природокористування»

(шифр, найменування)

ЗАТВЕРДЖУЮ

Завідувач кафедри

Фролов В.Ф.

« \_\_\_\_ » \_\_\_\_\_ 2019 р.

## ЗАВДАННЯ

**на виконання дипломної роботи**

**Новаківської Тетяни Миколаївни**

1. Тема роботи «Оцінка фітотоксичності сумішевих авіаційних палив із застосуванням рослинних тестерів» затверджена наказом ректора від «\_\_» №
2. Термін виконання роботи: з 20.12.2019 р. по 25.02.2020 р.
3. Вихідні дані роботи: рослини біотестери, авіаційне паливо марки РТ, біологічне паливо, ґрунт.
4. Зміст пояснювальної записки: вступ; аналіз забруднення навколишнього середовища внаслідок використання різних видів палива; аналіз існуючих методів і засобів дослідження фітотоксичності палив; опис експериментального дослідження фітотоксичності сумішевих авіаційних палив із застосуванням рослинних тестерів.
5. Перелік обов'язкового графічного (ілюстративного) матеріалу: таблиці, рисунки, діаграми, графіки, фотографії.

## 6. Календарний план-графік

№ з/п	Назва етапів дипломної роботи	Термін виконання	Відмітка про виконання
1.	Обґрунтування вибору теми		
2.	Складання календарного плану дипломної роботи		
3.	Опрацювання літературних джерел з обраного напрямку досліджень		
4.	Збір, систематизація та вивчення інформації		
5.	Розробка робочої гіпотези щодо ефективності застосування різних видів рослин для визначення фітотоксичності		
6.	Визначення методики та методів дослідження		
7.	Опрацювання інформації (групування, зведення у таблиці, побудова графіків, схем)		
8.	Обробка та оформлення вихідних матеріалів		
9.	Обробка та оформлення вихідних матеріалів дипломної роботи		
10.	Підготовка розділу з охорони праці		
11.	Формулювання висновків та рекомендацій		
12.	Оформлення дипломної роботи згідно вимог діючих стандартів		
13.	Передзахист дипломної роботи	19.02.2020	
14.	Захист дипломної роботи	26.02.2020	

## 7. Консультанти роботи з зазначенням віднесених до них розділів роботи

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

8. Дата видачі завдання: «21» грудня 2019р.

Керівник дипломної роботи \_\_\_\_\_ д.т.н. Матвєєва І.В.  
Завдання прийняв до виконання \_\_\_\_\_ Новаківська Т.М.

## РЕФЕРАТ

Пояснювальна записка до дипломної роботи «Оцінка фітотоксичності сумішевих авіаційних палив із застосуванням рослинних тестерів»: 95 с., 18 рис., 7 таблиць, 29 бібліографічних посилань.

Об'єкт дослідження - токсичний вплив палив на рослинний покрив.

Предмет дослідження – рослинні тестери фітотоксичності сумішевих авіаційних палив.

Мета дипломної роботи – дослідити токсичність сумішевих авіаційних палив за допомогою рослин тестерів для визначення токсичності палив.

Для виконання цієї дипломної роботи ставилися такі завдання:

- аналіз забруднення навколишнього середовища внаслідок використання різних видів палива;
- аналіз та порівняльна характеристика токсичної дії палив;
- дослідження шляхів зменшення впливу палив на рослинний покрив;
- аналіз існуючих методів і засобів дослідження фітотоксичності палив;
- експериментальні дослідження впливу токсичності авіаційного палива марки РТ та сумішевих авіаційних палив на основі біокомпонентів на рослини за допомогою рослинних тестерів;
- обґрунтування ефективності застосування різних видів рослин для визначення фітотоксичності.

У дипломній роботі проведено аналіз забруднення навколишнього середовища внаслідок використання різних видів палив та наслідки їх токсичного впливу на рослинний покрив.

Наведена порівняльна характеристика токсичності палив.

Розглянуті заходи щодо зменшення впливу палив на рослинний покрив та методи дослідження фітотоксичності палив.

Проведено експериментальні дослідження щодо визначення токсичного впливу авіапаливо РТу та біопалива на рослини за допомогою рослинних тестерів.

ФІТОТОКСИЧНІСТЬ, НАФТОПРОДУКТИ, БІОТЕСТУВАННЯ, БІОІНДИКАЦІЯ, ФІТОРЕМЕДІАЦІЯ, ТОКСИЧНІСТЬ, ЗАБРУДНЕННЯ, ФІТОТЕСТИ, ЕКСПЕРИМЕНТ, НАВКОЛИШНЄ СЕРЕДОВИЩЕ.

## ЗМІСТ

<b>ВСТУП</b> .....	8
<b>РОЗДІЛ 1. ЕКОЛОГІЧНІ НАСЛІДКИ ТОКСИЧНОГО ВПЛИВУ ПАЛИВ НА РОСЛИННИЙ ПОКРИВ ТА ШЛЯХИ ЇХ ЗМЕНШЕННЯ</b> .....	12
1.1. Забруднення навколишнього середовища внаслідок використання різних видів палив.....	13
1.1.1. Характеристика забруднення геологічного середовища нафтопродуктами.....	14
1.1.2. Характеристика забруднення атмосфери нафтопродуктами...	18
1.1.3. Характеристика забруднення водних об'єктів нафтопродуктами.....	23
1.2. Порівняльна характеристика токсичності палив і її визначення.....	24
1.3. Шляхи зменшення впливу палив на рослинний покрив.....	28
1.4. Висновки до розділу.....	30
<b>РОЗДІЛ 2. АНАЛІЗ ІСНУЮЧИХ МЕТОДІВ І ЗАСОБІВ ДОСЛІДЖЕННОСТІ ФІТОТОКСИЧНОСТІ ПАЛИВ</b> .....	31
2.1. Характеристика рослинних тест-об'єктів.....	32
2.1.1. Біологічний моніторинг нафтозабруднених ґрунтів.....	33
2.2. Методи визначення фітотоксичності палив.....	36
2.2.1. Метод фіторемедіації.....	36
2.2.2. Фітотестування як експрес-метод оцінки токсичності нафтозабруднених ґрунтів.....	39
2.2.3. Перспективи фіторемедіації нафтозабруднених ґрунтів рослинами <i>Faba bona</i> Medic. ( <i>Vicia faba</i> L.).....	45
2.2.4. Можливості застосування рослин-фіторемедіантів захисту ґрунтів від діяльності об'єктів нафтопромислового комплексу.....	52

2.3. Висновки до розділу.....	54
<b>РОЗДІЛ 3. ОЦІНКА ФІТОТОКИСЧНОСТІ СУМІШЕВИХ АВІАЦІЙНИХ ПАЛИВ ІЗ ЗАСТОСУВАННЯМ РОСЛИННИХ ТЕСТЕРІВ.....</b>	<b>56</b>
3.1. Матеріали та методика проведення досліджень.....	60
3.2. Результати впливу різних концентрацій авіапалива РТ та біопалива на показники росту рослин.....	61
3.2.1. Впів різних концентрацій біопалива на ріст салату «Лолла Росса» та редису «Рудольф».....	61
3.2.2. Впів різних концентрацій суміші авіапаливо РТ- біопаливо(50X50) на ріст салату «Лолла Росса» та редису «Рудольф».....	65
3.2.3. Впів різних концентрацій суміші авіапаливо РТ-біопаливо (70X30) на ріст салату «Лолла Росса» та редису «Рудольф».....	70
3.2.4. Вплив різних концентрацій авіапалива РТ на ріст салату «Лолла Росса» та редису «Рудольф».....	74
3.3. Висновки до розділу.....	78
<b>РОЗДІЛ 4. ОХОРОНА ПРАЦІ.....</b>	<b>79</b>
4.1. Небезпечні та шкідливі виробничі фактори при роботі в хімічній лабораторії.....	79
4.2. Технічні та організаційні заходи для зменшення рівня впливу небезпечних та шкідливих виробничих факторів при роботі в хімічній лабораторії.....	81
4.3. Забезпечення пожежної та вибухової безпеки при роботі в хімічній лабораторії.....	85
4.4. Розрахунок природного освітлення хімічної лабораторії.....	87
<b>ВИСНОВКИ.....</b>	<b>91</b>
<b>СПИСОК БІБЛІОГРАФІЧНИХ ПОСИЛАНЬ.....</b>	<b>93</b>

## ВСТУП

Засмічення ґрунтів нафтопродуктами є вагомим невирішеним екологічним завданням сучасності. Деградація рослинного покриву і ґрунтів в результаті техногенної діяльності людини є однією з найважливіших екологічних завдань сьогодення. Рослинність і ґрунти - сильний біохімічний бар'єр, той, що концентрує на собі повітряні мігранти і забруднювачі різного походження.

Охорона навколишнього середовища допустима тільки при справжній інформації про екологічний стан забрудненого ґрунту. Хіміко-аналітичні методи не оцінюють екосистеми з біологічних позицій, не розглядають результати синергізму, антагонізму і сумарного впливу токсикантів [1, 2, 3, 4, 5]. Саме тому теперішній екологічний моніторинг у разі засмічення нафтопродуктами оптимально повинен включати не тільки дослідження рівня нафтохімічного засмічення і змін фізико-хімічних властивостей ґрунтів, а й екологічну оцінку, проведену способами біотестування та біоіндикації. Багатообіцяючим є застосування рослинних тест-об'єктів внаслідок доступності, простоти проведення досліджень, економічності, достовірності. Втім, на сьогоднішній день питання екологічної оцінки нафтозабруднених ґрунтів із застосуванням рослин залишається не вирішеним.

У зв'язку з цим затребуваним напрямком наукових пошуків є екологічна оцінка ґрунтів забруднених нафтопродуктами із застосуванням рослинних тест-об'єктів, яка повинна стати першим етапом діагностики якості ґрунту і допустимих наслідків його впливу на живі організми. Засмічення нафтою і нафтопродуктами є одним з найнебезпечніших видів засмічення навколишнього середовища. Його негативний вплив на ґрунтово-рослинну завісу, атмосферу, поверхневі і підземні води, здоров'я людей відзначається на всіх етапах індустріального освоєння: видобуток, переробка, зберігання,



транспортування та ліквідація обладнання. Найбільший вплив відчують водні та наземні екосистеми. Серед компонентів наземних екосистем, в першу чергу, забруднюється ґрунт. Внаслідок високої адсорбуючої здатності, нафта і нафтопродукти довгий час зберігаються в ньому, викликаючи як деградацію земель, так і створюють загрозу проникнення поллютантів в живильні ланцюги, однією з ланок яких є людина.

Сучасні магістральні і територіальні літаки вимагають великих резервів палива в баках, це в свою чергу обумовлює присутність великих нафтобаз і складів пально-мастильних матеріалів неподалік від аеропортів. Розглядаючи величезні обсяги авіаційних палив при їх транспортуванні, зберіганні і видачі, незмінно є величезний ризик проливу палива і потрапляння у відкритий ґрунт великими об'ємами. Також, слід зауважити, що в засобах масової інформації все більше виникає заохочувальної і агітаційної інформації до застосування біологічних палив. Дане питання також актуальне в авіації, і щоправда сьогодні літаки цивільної авіації не заправляють біологічним паливом, але все більша кількість країн займаються розробкою сумішевих авіаційних палив з нафтової та природної органічної сировини. Тому, розглядаючи написане вище, затребуваним залишається питання оцінки токсичності авіаційних нафтового та сумішевого палива в разі їх потрапляння на ґрунт.

Деградація рослинного покриву і ґрунтів в результаті техногенної діяльності людини є однією з найважливіших екологічних завдань сьогодення. Фактично всі ґрунти забруднені важкими металами, пестицидами, отрутохімікатами, техногенними викидами і тому подібним. Розробка і експлуатація нафтогазових родовищ, присутність нафтовидобувної і переробної інфраструктури, розвинена мережа нафтогазопроводів є постійними факторами потенційної небезпеки навколишньому середовищу.

Нафтопродукти складно розкладаються в зв'язку з їх важкою хімічною природою, високою стійкістю до дії факторів навколишнього середовища.

Ґрунти, забруднені нафтою і нафтопродуктами, набувають гідрофобних властивостей, в результаті чого порушуються їх конструкція, газообмін, водний режим, змінюються основні фізико-хімічні та біолого-екологічні параметри, сильно знижується кількісний і якісний склад ґрунтової біоти, набагато зменшується їх біопродуктивність. Нафтопродукти проявляють токсичну і мутагенну дію, відповідно, негативно впливають на здоров'я людини. Одним з біологічних способів оцінки стану навколишнього середовища є біоіндикація. Перевагою біоіндикації стану навколишнього середовища є те, що вона дозволяє визначити спільну біологічну активність впливу фізико-хімічних факторів на природне середовище. Досить точна інтегральна оцінка, зроблена внаслідок біоіндикації, розглядає і ті викиди забруднювачів, які контрольна служба могла пропустити. Біоіндикаторну перевагу, безумовно віддають рослинам, вони є досить комфортним об'єктом для біологічного моніторингу стану навколишнього середовища, так як характеризують стан середовища, в якому вони ростуть, стрімко розмножуються, по-різному реагують на дію згубних факторів і тим самим дають можливість вибирати найраціональнішу відповідну реакцію для певного дослідження.

У біотестуванні основним критерієм оцінки засмічення виступає не концентрація забруднювачів, а реакція і результат живого організму.

Пріоритетними є дослідження з пошуку тест-систем, які будуть давати можливість оцінювати загальний вплив забруднювачів навколишнього середовища на біоту. У цьому сенсі рослини мають значні переваги перед приладами: недорогі, легко відтворюються, стрімко розмножуються, мають нормальну реакцію на вплив.

Метою роботи було дослідження впливу сумішевих авіаційних палив на рослини і проведення оцінки токсичного впливу цих палив способами фітотестування за допомогою ростового тесту: рослини дуже чутливі до змін умов середовища, яке виявляється в морфологічних змінах (викривлення пагонів, стебла, кореневої системи, листя).

Результати роботи доповідали на конференції:

Трофімов І.Л. Застосування рослинних тестерів для визначення токсичності моторних палив / І.Л. Трофімов, Т.М. Новаківська // Поступ в нафтопереробній та нафтохімічній промисловості: Матеріали ІХ міжнар. наук. техн. конф., (14–18 травня 2018 р.). – Львів, 2018. – С. 473-477.

Результати роботи викладені у статті:

Trofimov I. Assessment of phytotoxicity of mixed aviation fuels using of plant testers / I. Trofimov, L. Pavliukh, T. Novakivska, D. Bondarenko // International independent scientific journal, Vol. 1, №. 11, 2020. p. 9-17.

## РОЗДІЛ 1

### ЕКОЛОГІЧНІ НАСЛІДКИ ТОКСИЧНОГО ВПЛИВУ ПАЛИВ НА РОСЛИННИЙ ПОКРИВ ТА ШЛЯХИ ЇХ ЗМЕНШЕННЯ

Порушення (знищення) ґрунтів є важким комплексом антропогенних і природних процесів метаморфози фізико-хімічних і механічних характеристик ґрунту. Як правило, першопричиною порушення ґрунтів є процеси, ініційовані діяльністю людини (скажімо, механічна обробка ґрунтів, трансформація шарів землі в будівництві, переущільнення ґрунтів в результаті руху транспорту, випасання худоби, засмічення ґрунтів та ін.). Наслідки цих первинних змін можуть неодноразово посилюватися під впливом природних факторів - вітру, дощових потоків і тому подібне. Тобто ґрунт дуже важка і вразлива система, яка формувалася протягом століть, але може бути порушена неправильними діями людини за лічені роки, місяці і навіть дні.

Рослинна завіса виконує чисто ґрунтозахисну роль, чим відмінніше він розвинений, тим слабкіше виявляється ерозія. Коріння рослин міцно скріплюють ґрунтові частинки і перешкоджають змиву, розмиву та розвіюванню ґрунту. Крім цього, рослини беруть на себе ударну силу дощових крапель, оберігаючи тим самим структурні окремість ґрунту від знищення дощовими краплями або послаблюючи їх дію. Густа рослинність дуже уповільнює швидкість поверхневого стоку, сприяючи кращому поглинанню води, а також затримує ґрунтові частинки, які змиваються з верхніх частин схилів.

## **1.1. Забруднення навколишнього середовища внаслідок використання різних видів палив**

Істотними джерелами забруднення навколишнього середовища є нафта і продукти її переробки. Нафтопродукти, різні за своїм складом, в разі потрапляння в повітря і ґрунту, забруднюють атмосферу, поверхневі і ґрунтові води, погіршують їх санітарно-гігієнічний стан. Засмічення ґрунту нафтою і нафтопродуктами призводить до суттєвих фізико-хімічних змін, які полягають у зміні мікроелементного складу ґрунту, його водно-повітряного режиму. Надлишок органічних речовин, що містять вуглеводень і які потрапляють з нафтою і нафтопродуктами в ґрунт, порушують нормальну взаємодію вуглеводню і азоту, а також призводять до дефіциту кисню, азоту та фосфору. Внаслідок погіршення агрохімічних властивостей ґрунту затримується зростання зернових, бобових культур тощо.

Вплив палив на навколишнє середовище проявляється, в основному, в трьох напрямках: токсичному впливі на людей, які безпосередньо контактують з паливом; забруднення атмосфери пагубними речовинами, які містяться у відпрацьованих газах двигуна, і пожежною небезпекою палива.

Пожежну загрозу палива дозволено характеризувати тиском насичених парів, а також температурами його спалаху і самозаймання. Еталоном регламентована температура спалаху в закритому тиглі.

Джерелами викидів шкідливих речовин є відпрацьовані гази автомобільних моторів, випаровування з системи живлення, підтікання палива і мастил в процесі роботи і сервісу автомобілів, а також продукти зносу фрикційних накладок зчеплення, накладок гальмівних колодок, шин. Потрапляючи в атмосферу, водойми, ґрунт шкідливі речовини, що викидаються автомобільним транспортом, негативно впливають на біосферу.

Найбільшу загрозу представляє засмічення атмосфери відпрацьованими газами автомобільних моторів.

До числа шкідливих компонентів відносяться і тверді викиди, що містять свинець і сажу, на поверхні якої адсорбуються циклічні вуглеводні. Закономірності поширення в навколишньому середовищі твердих викидів відрізняються від закономірностей, характерних для газоутворюючих продуктів. Окремі фракції, осідаючи неподалік від центра емісії на поверхні ґрунту і рослин, в результаті накопичуються у верхньому шарі ґрунту. Дрібні фракції утворюють аерозолі і поширюються з повітряними масами на великі відстані.

Азот, кисень, вода і діоксид вуглецю не токсичні, інші – токсичні. Правда діоксид вуглецю не токсичний компонент, скупчення його в атмосфері небезпечне, так як призводить до появи так званого парникового ефекту [1, 2].

Вплив небезпечних речовин на навколишнє середовище може викликати незворотні метаморфози і навіть смерть флори і фауни. Особливо значні відхилення від екологічного балансу викликають випадки з небезпечними вантажами. Наприклад, смерть чи захворювання тварин при попаданні хімічних речовин в стічні води, руйнування лісових масивів в результаті пожежі, що виникає під час перевезенні легкозаймистих речовин і т.д.

#### 1.1.1. Характеристика забруднення геологічного середовища нафтопродуктами

Деградація рослинного покриву і ґрунтів в результаті техногенної діяльності людини є однією з найважливіших екологічних завдань сьогодення. Фактично всі ґрунти забруднені важкими металами, пестицидами, отрутохімікатами, техногенними викидами тощо.

Виключно небезпечним джерелом засмічення ґрунтового покриву є підприємства нафтогазовидобувної та нафтопереробної промисловості. Засмічення Світового океану нафтою і нафтопродуктами досягло вже 1/5

площі його загальної поверхні. Нафтове засмічення таких розмірів може викликати значні порушення газо- і водообміну між гідросферою й атмосферою.

Нафтохімічне засмічення геологічного середовища має свої особливості. Витоки нафтопродуктів з високим вмістом важких фракцій вуглеводнів утворюють на поверхні ґрунту щільну, в'язку бітумінозну кірку, яка утруднює газообмін між атмосферою і ґрунтовими екосистемами, порушуються їх структурні та функціональні характеристики, змінюються фізико-хімічні властивості, окисно-відновний потенціал, вуглецево-азотна рівновага, знижується продуктивність земель.

Ключовим етапом екологічних досліджень сьогодні є становлення нових екологічно нешкідливих і економічно вигіршних спецтехнологій ремедіації ґрунтів [3–6].

Огляд літератури дозволяє стверджувати, що розробка нових методів і підходів до діагностування та оцінки навколишнього середовища за впливу засмічення є актуальною і значимою як в теоретичному, так і в прикладному аспекті. Зокрема, діагностика та оцінка нафтозабрудненої системи „рослина-ґрунт” є значущими складовими в екологічному нормуванні, екотоксикології, при проведенні екологічного моніторингу та аудиту, розробці комплексу технологічних і біологічних заходів щодо санації нафтозабруднених територій [7 - 10].

Тим часом методології застосування рослинних тест-систем для оцінки впливу різних факторів знаходяться в основному на етапі наукової розробки.

Ґрунти є сполучною ланкою між атмосферою, гідросферою, літосферою і живими організмами. Вони відіграють важливу роль в процесах обміну речовин і енергії між компонентами біосфери. Безперервний обмін речовин: атмосфера↔рослина↔ґрунт↔атмосфера визначає строго координовану в часі та просторі сукупність біохімічних реакцій [11, 12, 13].

Ґрунти відіграють поліфункціональну роль в біогеоценозах і в біосфері. Вони є фоном взаємодій і середовищем існування рослин. Екологічна багатозначність ґрунтів у біогеоценозах визначається як:

- 1) зосередження організмів, їхніх зачатків, вологи, енергії, хімічних елементів;
- 2) життєвий простір, притулок або тимчасове житло;
- 3) сорбент речовин;
- 4) стимулятор або гальмувач життєвих процесів;
- 5) дзеркало ландшафту, що відображає його екологічну сутність, історію;
- 6) субстрат і механічна опора для наземних організмів;
- 7) сигнальний фактор багатьох екологічних явищ і процесів.

Рослинність і ґрунти (едафотопи) – сильній біохімічний бар'єр, що концентрує на собі повітряні мігранти та забруднювачі різного походження.

Засмічення ґрунтів як об'єкт спостереження має цілий ряд важливих специфічних особливостей. По-перше, ґрунт – це найбільш малорухоме природне середовище у порівнянні з атмосферою або поверхневими водами.

Міграція забруднюючих речовин у ґрунті відбувається відносно повільно. Внаслідок цього високі рівні засмічення ґрунтів деякими речовинами локалізуються в місцях їх викиду в навколишнє середовище. Крім того, можливими є поступова метаморфоза хімічного складу ґрунтів, порушення єдності геохімічного середовища і живих організмів [5, 11, 12, 13].

В процесі життєдіяльності, ґрунтові організми формують елементарний склад ґрунту, особливості його газової і рідкої фази, синтезують ґрунтову органічну речовину. При оцінці засмічення ґрунтів основним критерієм беруть показник нормального функціонування ґрунтової системи, який визначають за кількістю і якістю біомаси, що є продуктом ґрунту [10, 11, 13].



Виділяють три групи ґрунтових біологічних процесів:

- 1) дія ґрунтових мікроорганізмів, які здійснюють велике перетворення органічного і частково мінерального складу ґрунту;
- 2) дія рослин, що призводить до кругообігу хімічних елементів у системі „ґрунт-рослини” і накопичення органічної речовини ґрунту;
- 3) дія ґрунтових тварин, яка може впливати на фізичні та хімічні властивості ґрунту [12, 14].

При деградації ґрунтів негативному впливу піддаються і інші вищезгадані компоненти екосистеми [11, 13].

Техногенне засмічення ґрунтів – сума процесів, які викликають перерозподіл хімічних елементів на поверхні землі під впливом людської діяльності. Якщо воду і повітря можна, за певних зусиль, очистити від забруднення, то ґрунти – іноді взагалі нереально. Рухомість токсикантів, а значить, і їхній вміст в рослинах залежить від фізико-хімічних властивостей ґрунтів, які, в свою чергу, обумовлюють його буферність і захисні якості. Потрапляючи в ґрунт, забруднювачі вступають в хімічні і біохімічні процеси і, в основному, негативно впливають на їх спрямованість та інтенсивність [11, 13].

Результатами техногенного забруднення ґрунтів є: підкислення ґрунтового розчину, погіршення фізико-хімічних і біохімічних характеристик, інтенсифікація мобілізаційних дій, вимивання мінеральних елементів, механодеструкція ґрунтового профілю, утворення важкорозчинних з'єднань головних елементів живлення, зміна кількості і пропорції мікроорганізмів (зменшення чисельності сапрофітних мікробів і зростання чисельності грибів), інактивація ферментативної системи ґрунту і, як наслідок, – деградація ґрунтів і зменшення їхньої родючості [10, 12].

Згідно „Концепції екологічного нормування допустимого антропогенного навантаження на ґрунтовий покрив” забруднення геологічного середовища небезпечними речовинами (важкими металами, пестицидами, радіонуклідами, нафтопродуктами тощо) складає значну частку

екологічних проблем на території України. Ґрунти вважаються забрудненими, якщо: насиченість зазначених речовин досягає рівня, при якому відбувається пригнічення рослинного покриву; знижується продуктивність сільськогосподарських земель; порушується природний баланс у ґрунті; відбувається латеральна і радіальна міграція забруднювальних речовин з ґрунту в підземні або поверхневі води [15–17, 18]. Залежно від сорбційних властивостей ґрунту нафтопродуктами, ґрунти виступають як геохімічні бар'єри [16].

Істотне нафтове засмічення ґрунтів, що виникає при аварійних викидах, супроводжується гострою токсичною дією нафти на живі організми. У високих концентраціях нафта чинить потужний токсичний вплив на всю ґрунтову біоту, втім період токсичності порівняно недовготривалий. З часом гострота токсичної дії нафти помітно знижується, а зниження біологічної продуктивності нафтозабруднених ґрунтів, пов'язане зі зміною значущих властивостей залишається довготривалим.

Складність завдання полягає не тільки в масштабах нафтового розливу, але і у розробці критеріїв оцінки і способів ліквідації наслідків цього не постійного за своїм складом засмічення. Різноманітність нафтопродуктів ускладнює процес їх моніторингу.

### 1.1.2. Характеристика забруднення атмосфери нафтопродуктами

Головними забруднювачами від нафтопереробних заводів є сірчани сполуки, окисли вуглецю, сірки, азоту, сажа, ртуть, фтористі і інші шкідливі сполуки. У відкриті водойми нафтохімічні компанії скидають з року в рік 70 млн. м<sup>3</sup> неочищених чи недостатньо очищених стоків.

Природоохоронні проблеми в газовій індустрії мають власну специфіку, яка визначається в основному відчуженням і забрудненням земель на ділянках індустріальної експлуатації газових родовищ та проведенням геолого-пошукових робіт.

Значним забруднювачем навколишнього середовища є автотранспортна галузь, зокрема її рухомі засоби (авто, тепловози, морські та річкові судна), що використовують як пальне різні варіанти нафтопродуктів.

За наявними даними індустриальні підприємства і транспорт країн колишнього СНД щороку викидають в атмосферу близько 64 млн. тонн токсичних речовин. За узагальненими даними баланс викидів транспортними засобами є таким: 70% - автомобільний транспорт, 9,4% - сільськогосподарська техніка, 7,3% - повітряний транспорт, 4,1% – морський та 9,2% - залізничний. У зв'язку з цим зниження пагубного впливу транспорту на навколишнє середовище перетворилося на міжнародне завдання [19].

Через те, що автомобільний транспорт є величезним забруднювачем атмосфери, розглянемо докладніше всі негативні наслідки, які він викликає. Автомобільний транспорт негативно впливає на природу в цілому і на фауну зокрема. Це виражається в засміченні природного середовища і доріг, знищенні місць проживання тварин, розтині дорогами сезонних і добових ділянок тварин, зіткнення останніх з транспортними засобами. Вся зелень в містах виконує роль фільтрів навколишнього середовища. Одні накопичують і виводять за межі своєї зони більше свинцю, другі – сірки, треті – хлору.

Автотранспорт є специфічним джерелом засмічення, що характеризується наступними особливостями [21]:

- мала висота викиду шкідливих речовин (приблизно на рівні подиху людини), що забезпечує безпосередній контакт та прямий вплив на людину;
- знаходження в районах з високим відсотком населення;
- багатоконпонентність і висока токсичність викидів;
- мобільність, що ускладнює результат впливу токсичних речовин;
- залежність складу газових викидів не тільки від якості палив, режиму роботи двигунів, а і від параметрів навколишнього середовища;
- ймовірність утворення вторинних продуктів.

Україна займає 3 місце в світі за ступенем засмічення вихлопними газами, і, на жаль, обстановка погіршується з кожним днем. Тепер в атмосферу кожен рік викидається більш 1 млн. тонн забруднюючих речовин. Найбільша частка цього збитку (до 60%) пов'язана з перевезенням пасажирів легковими автомобілями. На перевезення вантажів автотранспортом приходиться 26,5% екологічної шкоди, а на автобусні перевезення - 13,5%.

У 24 великих містах України, зокрема в Києві, Харкові, Севастополі, Одесі, шкідливі викиди в атмосферу в результаті роботи автотранспорту перевищують 50 відсотків загальної їх чисельності.

Машинний парк Києва є найбільшим серед міст України. В відсотковому складі він налічує 12,7% всього автомобільного парку України. Загальна кількість автотранспортних засобів у Києві за останні роки років збільшилася на 30% переважно за рахунок легкових автомобілів [22].

Загальні витрати моторних палив автомобільним парком Києва, розрахункові масові викиди основних токсичних речовин (ТР) з продуктами згоряння в атмосферу міста і збитки в результаті засмічення атмосферного повітря за 2003 р. наведені у таблиці 1.1.

За статистичними даними на 01.01.2004 в Києві було зареєстровано 413 тис. авто різних марок, з яких працювало на бензині 91,3 %, на дизельному паливі — 7,8 %, на зріджених нафтових газах — 0,2 %, на стисненому природному газі — 0,7 %. Загальні витрати автотранспортом Києва рідких моторних палив у 2003 р. становили близько 732 млн. л.

Беручи припущення про сталість середніх масових викидів шкідливих речовин, що утворюються при згорянні 1 кг рідкого моторного палива нафтового походження в моторах автотранспортних засобів і базуючись на підсумках розрахунків, проведених для м. Києва, за допомогою легкої пропорції отримуємо приблизну сумарну масу токсичних, мутагенних і канцерогенних речовин, що надходить до атмосфери країни з

відпрацьованими газами автотранспортних моторів, а саме: 4560 тис. т за рік (2003 р.).

Таблиця 1.1

Статистичні дані загальних витрат, викидів та збитків внаслідок використання моторних палив автомобільним парком Києва

№ з/п	Тип автомобіля	Бензин, тис.л	ДП, тис.л	ЗНГ, тис. Л	КПГ, тис.м <sup>3</sup>	ТР, т/рік (%)	Збитки, тис. грн. (%)
1.	Вантажні	107148,8	108152,3	6091,4	17086,2	55414 (28,2)	116039,12 (35,70)
2.	Автобуси	44112,6	49661,9	67,9	167,5	21340 (10,9)	49392,31 (15,20)
3.	Легкові	367193,3	17244,9	1,9	390,3	110966 (56,6)	144831,3 (44,56)
4.	Спеціальні	21945,3	9374,9	559,4	4201,0	8390 (4,3)	14 759,15 (4,54)
5.	Усього	540400,0	184434,0	6720,6	21845,0	196110 (100,0)	325021,89 (100,0)

Примітка: ДП– дизельне паливо; ЗНГ – зріджені нафтові гази; КПГ –компримований природний газ.

Така маса згубних викидів спричиняє навколишньому середовищу шкоди, що оцінюється за сучасними методологіями у 7558 млн. грн. щороку. Розглядаючи, що основна маса згубних викидів концентрується в межах димопилових куполів міст, дозволено абсолютно виправданно вважати, що на всякого міського мешканця країни припадає не менше 130 кг токсичних викидів щорічно. Така ситуація вже сьогодні повинно викликати хвилювання соціуму.

Найжахливіше, що з кожним роком ситуація стає все гіршою. В середньому в Україні за останні 5 років викиди в атмосферу забруднюючих речовин автотранспортом підросли на 2%, а тенденція значного зростання чисельності парку легкових автомобілів зберігається і в подальшому. До 2020 р. прогнозується, приблизно, трикратне збільшення автомобільного парку, а споживання рідких моторних палив збільшиться у 1,7 разів, що призведе до відповідного зростання викидів згубних речовин у навколишнє середовище [12].

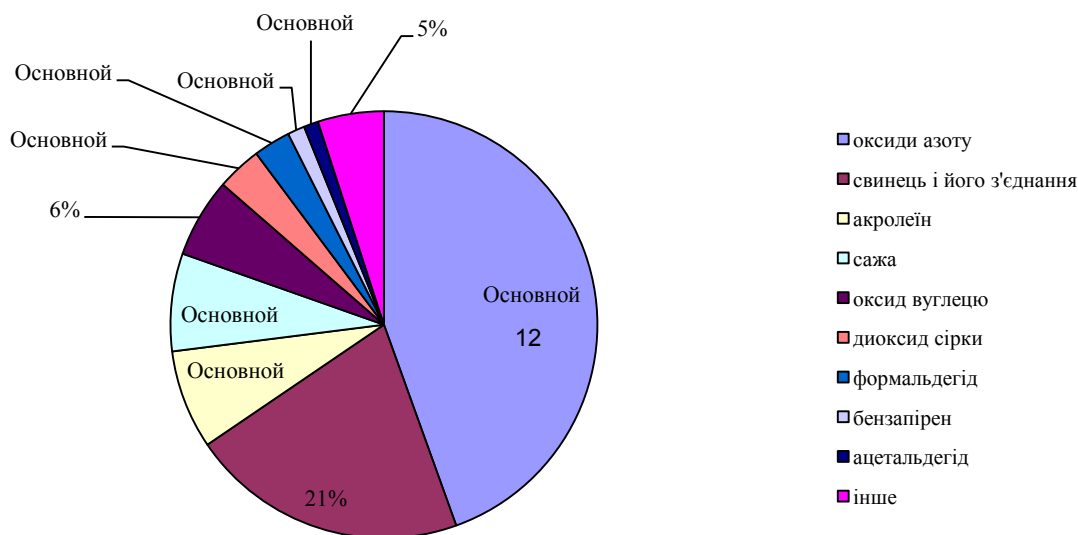


Рис. 1.1. Структура шкідливих викидів автотранспорту

Викиди оксидів азоту мають небезпечні наслідки: руйнують озоновий шар, роблять токсичний вплив на все живе і спільно з вуглеводнями беруть участь в утворенні фотохімічного смогу.

На 1 кг палива, що спалюється, виділяється приблизно 0,8 мг частинок сажі [13]. Крім чисто фізичного засмічення (погіршення видимості, осідання на поверхні предметів), вони беруть участь в утворенні смогу, є джерелами конденсації різних шкідливих засмічень, скажімо, поліароматичних вуглеводнів і їх похідних, і підсилюють результат взаємного шкідливого впливу компонентів.

Особливу загрозу для особи і навколишнього середовища представляють свинець та його з'єднання. Потрапляючи в організм, вони збуджують небезпечні важкі захворювання. Частка автотранспорту в підсумкових викидах свинцю складає 95%. Варто зазначити, що видалення свинцю і його з'єднань з автобензина приведе до того ж до зниження викидів інших шкідливих речовин, зокрема вуглеводнів й оксидів азоту.

Іншими, не менш небезпечними компонентами викидів автомобілів є різноманітні вуглеводні й оксид вуглецю. На частку автотранспорту в великих містах доводиться до 85—95% викидів оксиду вуглецю й до 55—75% вуглеводнів.

З вуглеводнів, які викидаються у складі відпрацьованих газів автомобілів, особливо небезпечними є неграничні вуглеводні, які чинять подразнюючу дію, й особливо ароматичні вуглеводні, деякі з яких, зокрема поліароматичні вуглеводні, мають канцерогенний, мутагенний, ембріогенним та інші види впливів [13].

Фактори, які призводять до збільшення вмісту шкідливих речовин у продуктах згоряння автомобільних двигунів:

- незадовільний технічний стан транспортних засобів,
- погана якість регулювання системи живлення двигуна,
- неоптимальні режими роботи мотора,
- надмірна потужність при експлуатації автомобіля за міським їздовим циклом
- якість моторного палива.

Наша переробка вельми відстає від всесвітньої по промислового рівню. Практично одна третина із сумарного виробництва бензинів складає АІ-76 - марки, що у США, Японії і у більшості європейських держав узагалі не виробляється [23].

### 1.1.3. Характеристика забруднення водних об'єктів нафтопродуктами

- В ґрунтовому водоносному горизонті, що міститься в породах з порівняно низькою проникністю (супіски, суглинки). Водоносні горизонти, складені подібними породами, як правило, не використовують для централізованого водопостачання, однак усюди на Україні експлуатуються колодзями. Незважаючи на те, що швидкості руху нафтопродуктів в супісках, а тим більше, у суглинках значно нижчі, ніж в високопроникних породах, колодязь зможе розміщуватись поблизу джерела забруднення, і в нього потрапляють нафтопродукти. У випадку, коли колодязь працює і стінками, і дном на поверхні води буде плавати шар нафтопродуктів. Якщо колодязь працює лише дном, розташованим нижче лінзи нафтопродуктів,

відбувається підтягування знизу забруднених розчиненими нафтопродуктами вод.

- В ґрунтовому водоносному горизонті, відповідному до двошарової товщі порід (верхній шар складений супіщано-суглинистими відкладеннями, нижній – високопроникними породами). У верхньому шарі з'являється лінза нафтопродуктів, швидкість руху якої мала. Відбувається процес розчинення окремих складових лінзи, і в результаті напруженого перетікання з верхнього шару в нижній розчинені нафтопродукти поступають у водоносний горизонт з високими фільтраційними властивостями, в якому зі значною швидкістю рухаються із потоком до водозабору.

## **1.2. Порівняльна характеристика токсичності палив і її визначення**

Токсичність палив та мастильних матеріалів всім відома. Вуглеводні, оксиди вуглецю і азоту є ті сполуки, які є головною причиною шкідливого впливу на біосферу під час роботи двигунів внутрішнього згорання. Крім того, недосконалість способів транспортування нафти, а також технологічних процесів переробки призводить не тільки до величезних втрат енергетичного потенціалу цієї екстраординарно цінної сировини, а й до забруднення атмосфери планети, її суші, річок, морів і океанів.

У ряді країн виникли різні нормативи і директивні документи, що суворо обмежують викид токсичних речовин в навколишнє середовище.

Виключно згубно діють нафта і нафтопродукти на тваринний і рослинний світ морів і океанів. Дослідники гідросфери планети вважають, що наявність різних нафтопродуктів у водах річок, морів і океанів зменшило в них число живих організмів за останні 20 років приблизно на 40%.

Всі палива і мастильні матеріали відносяться до токсичних речовин, але їх токсичність різна.

До бензинів, як до найразповсюдженішого виду палива для двигунів внутрішнього згорання, давним-давно всі звикли, але їх згубний вплив на



живу природу, і зокрема на людину, величезна. При вдиханні парів бензину з'являються головні болі, нудота, а при високому вмісті парів в повітрі (більше 50 мг/л) людина втрачає свідомість, настає глибока непритомність, і якщо не вжити негайних заходів, то і загибель від паралічу дихальних центрів. І тому в приміщеннях, де допустимо випаровування великих кількостей бензину (склади нафтобаз, заправні станції, лабораторії, в яких досліджують палива, проводять безмоторні і моторні випробування моторів та їх агрегатів), повинна бути забезпечена інтенсивна припливно-витяжна вентиляція.

Токсичність бензину висока для всіх марок, однак вона ще більше підвищується при додаванні в нього етилової рідини, що містить тетраетилсвинець. Даний результативний антидетонатор є одним з найпотужніших біологічних отрут. Саме тому додають етилову рідину в бензин і інші палива тільки на нафтопереробних заводах за допомогою особливої механічної апаратури з дотриманням суворих заходів обережності і захисту, під контролем спеціально підготовленого персоналу. Етилування бензинів в умовах його застосування категорично заборонено, і всякі порушення цього порядку кримінально карані.

Незважаючи на те, що число додавання в бензин етилової рідини строго обмежена діючими стандартами і не повинна перевищувати 0,5 г на 1 кг палива (в перерахунку на свинець), етиловий бензин є, так само як і тетраетилсвинець (ТЕС), сильно-діючими отрутами і поводитися з ними слід дуже обережно.

ТЕС - сильнодіюча отрута. Всі маніпуляції, пов'язані з ТЕС, для персоналу будь-якого рівня, що не має спеціального дозволу, суворо заборонені.

Етилова рідина, також як і ТЕС, є потужною отрутою, і поводження з нею суворо забороняється персоналу всякого рівня.

Тільки люди, які пройшли особливу підготовку, мають офіційний дозвіл, одягнені в особливі захисні костюми, в протигазах, гумових чоботях і

гумових рукавичках, при наявності приміщень, що охороняються, в яких прийняті усі необхідні заходи обережності і охорони, можуть бути допущені до обігу з ТЕС і етиловою рідиною. Після закінчення роботи з етиловою рідиною або ТЕС працівники зобов'язані пройти дегазацію, костюми і інструмент передати на зберігання, прийняти гарячий душ, після цього надіти звичайний одяг і тільки після цього вступити в спілкування з іншими співробітниками.

ТЕС може навіть при малих концентраціях поступово накопичуватися (акумуляватися) в організмі, викликаючи дуже важкі результати.

За умови дотримання заходів безпеки і правил поведінки з етильованими бензинами отруєнь зазвичай не відбувається. Слід мати на увазі, що сполуки свинцю разом з відпрацьованими газами викидаються в атмосферу. Саме через це у великих містах і населених пунктах, а до того ж у курортній зоні використання етилового бензину заборонено. Для таких міст всі марки бензину, включаючи високооктанові АІ-93 і АІ-98, видаються в неетильованому вигляді (їх детонаційна стійкість гарантується додаванням високооктанових частин). Бензин «Екстра» видають без етилування.

Розглянувши особливо потужну токсичність етилового бензину, слід зазначити, що і неетильовані бензини, особливо ті, що містять ароматичні компоненти, мають дуже високий рівень токсичності і вимагають обережного поведінки. Активна випаровуваність бензинів робить особливо небезпечним вдихання їх парів.

Дизельні палива внаслідок меншої випаровуваності володіють меншою безпекою, і гострі отруєння ними дещо рідкіші. Разом з тим при їх попаданні в організм людини отруєння набирають важкого характеру.

Спеціальне місце по своїй токсичності займають палива і мастила ненафтового походження. До палив такого роду відносяться спирти (метиловий і етиловий), аміак, скипидар, генераторний і природний газ. Особливо слід відмітити як найнебезпечнішу отруту метанол (метиловий спирт). Навіть недовге вдихання його парів без варіантів призводить на

початку до тотальної і необоротної сліпоти, потім до летального результату. При попаданні метанолу в стравохід отруєння відбувається ще скоріше і має більш обтяжливий характер і, як правило, летальний результат.

Дуже небезпечний аміак, особливо при попаданні його парів в легені. Починаються тяжкі запальні процеси, що ускладнюються набряком легенів і призводять до летального результату. Небезпечно потрапляння аміаку в очі.

Маємо пам'ятати, що одноразово виявлена гранично допустима концентрація шкідливих речовин у повітрі - величина нестабільна і змінюється як в сторону зменшення, так і у бік збільшення. Тому в приміщеннях і в зонах, де можуть відбутися граничні концентрації небезпечних для здоров'я речовин, мають бути організовані надійна вентиляція з нормальною кратністю обміну повітря, спеціальні індикатори небезпечних концентрацій токсичних речовин, а також індивідуальні захисні засоби і засоби надання першої допомоги.

Дуже високу токсичність має етиленгліколь, який є складовим компонентом антифризів. Етиленгліколь при попаданні в шлунково-кишковий тракт спричиняє важке отруєння; висока отруйність притаманна і антифризам.

Не дивлячись на високий рівень токсичності палив і мастильних матеріалів, проблема пониження їх згубного впливу на організм людини все ж є локальною; її рішення залежить від ступеня технічної культури і комплексу заходів з техніки безпеки, які застосовує команда людей, що безпосередньо контактує з цими продуктами.

Небезпека згубного впливу токсичних часток відпрацьованих газів на середовище існування підсилюється дуже складним і різноманітним складом викидів двигунів внутрішнього згорання. В них знайдено близько 1200 різних сполук, з яких відомо тільки 200, так як вуглеводні палива і масла в процесі згорання зазнають найскладніших окислювально-деструкційних перетворень.

За останні роки проведена велика робота по зниженню викидів токсичних компонентів відпрацьованих газів [24].

### **1.3. Шляхи зменшення впливу палив на рослинний покрив**

Нормування природоохоронних характеристик авто та їх двигунів проводиться на стадії виробництва і в процесі експлуатації. На етапі виробництва (при схваленні типу авто, перевірці відповідності масової продукції та реєстрації) екологічні дані маленьких авто перевіряються при випробуванні автотранспортних засобів на стендах тягових якостей, авто великої вантажопідйомності та пасажировмістимості - при випробуванні їх двигунів на гальмівних стендах.

В процесі експлуатації перевірка відповідності шкідливих викидів нормам проводиться на транспортних засобах під час служби двигунів в окремих режимах, які нескладно наслідувати і є характерними для експлуатації.

Згідно Правил і Директив Європейської економічної комісії ООН (ЄЕК ООН) і Європейського Союзу (ЄС) прийнята наступна класифікація автотранспортних засобів:

1. Категорія М — механічні автотранспортні засоби, призначені для транспортування пасажирів і мають або не менше чотирьох коліс, або три колеса і максимальну масу більше 1 тонни;

2. Категорія N — механічні автотранспортні засоби, призначені для транспортування вантажів і мають або не менше чотирьох коліс, або три колеса і максимальну масу більше 1 тонни.

Виходячи з даної класифікації і встановлюються способи випробування і вимоги до автотранспортних засобів по викидам забруднюючих речовин та шуму. Випробування автотранспортних засобів на отруйність відпрацьованих газів і їх димність передбачається не лише на стадії виробництва, а і в процесі експлуатації.

Велике значення для зменшення забруднення атмосферного повітря відпрацьованими газами має щоденний промисловий контроль стану автомобіля. Всі автогосподарства зобов'язані слідкувати за справністю машин, що виходять на лінію. При добре відрегульованому двигуні у відпрацьованих газах СО не повинно перевищувати дозволених норми. Так, для авто без систем нейтралізації випуску гранично допустимі концентрації складають 4,5%, для авто з системою нейтралізації при мінімальній системі обертання складають 0,5%, на підвищеній – 0,3%. Для автомобілів з дизелями контроль димності відпрацьованих газів відбувається в режимі вільного прискорення. Значення димності має відповідати рекомендаціям заводу-виробника.

Першопричини «димлення» авто різні: поломка двигуна, системи живлення або запалювання. Якщо всі двигуни будуть правильно відрегульовані, то викид шкідливих речовин в атмосферу зменшиться в 3-5 разів. Здуті шини не тільки зношуються, але й підвищують опір руху, а відповідно швидше спалюється паливо.

Існує вітчизняний механізм, який знижує токсичність вихлопів авто. Він зроблений у вигляді прокладки, що встановлюють під карбюратором.

В Україні є два види стандартів, які стосуються норм і методів визначення шкідливих речовин у відпрацьованих газах двигунів авто:

1- державні стандарти, що розповсюджуються на авто, які експлуатуються, тобто на весь автопарк;

2- галузеві стандарти на нову продукцію, що передбачають перевірку токсичності відпрацьованих газів авто з іскровим запалюванням масою від 400 до 3500 кг, двигунів вантажних авто і автобусів.

Якість спалювання паливної суміші в двигунах визначається експериментальними способами за допомогою повного аналізу складу відпрацьованих газів. Ті способи, які використовують в наш час, дозволяють зробити досить точну оцінку компонентів, які знаходяться у відпрацьованих газах, в тому числі і отруйних.

Зниження вмісту шкідливих речовин у відпрацьованих газах оптимізацією процесу згоряння є багатообіцяючим заходом, тому що продуктів неповного згоряння CO  $C_mH_n$  і простіше позбутися на стадії їх утворення. Хоча уникнути вмісту шкідливих речовин у відпрацьованих газах не можна. Саме тому шкідливі елементи відпрацьованих газів у випускній системі двигуна нейтралізують особливими пристроями — нейтралізаторами.

Для очищення відпрацьованих газів дизеля від сажі застосовують спеціальні пристрої-пастки [25, 26].

#### **1.4. Висновки до розділу**

Проведений вище аналіз дозволяє робити такий висновок: деградація рослинного покриву і ґрунтів через техногенну діяльність людини є однією з головних екологічних проблем сьогодення. Абсолютно всі ґрунти забруднені важкими металами, пестицидами, отрутохімікатами, техногенними викидами тощо. Дослідження і експлуатація нафтогазових родовищ, наявність нафтовидобувної і переробної інфраструктури, розвинута мережа нафтогазопроводів є незмінними факторами ймовірної загрози навколишньому середовищу.

Це вимагає пошуку достовірних і надійних методів діагностики наслідків цього полікомпонентного забруднення та розробки ефективних методів його ліквідації.

## РОЗДІЛ 2

### АНАЛІЗ ІСНУЮЧИХ МЕТОДІВ І ЗАСОБІВ ДОСЛІДЖЕННОСТІ ФІТОТОКСИЧНОСТІ ПАЛИВ

Однією з найважливіших екологічних проблем сьогодення являється деградація рослинного покриву та ґрунтів внаслідок техногенної діяльності людства. Майже всі ґрунти засмічені важкими металами, пестицидами, отрутохімікатами, техногенними викидами тощо. Дуже небезпечне джерело засмічення ґрунтового покриву - це підприємства нафтогазовидобувної та нафтопереробної промисловості. Засмічення Світового океану нафтою й нафтопродуктами сягнуло вже 1/5 площі його загальної поверхні. Нафтове забруднення таких розмірів викличе істотні порушення газо- і водообміну між гідросферою і атмосферою [27–30].

У нафтохімічного забруднення геологічного середовища є свої особливості. Витоки нафтопродуктів зі значним вмістом важких фракцій вуглеводнів утворюють на поверхні ґрунту щільну, в'язку бітумінозну кірку, що ускладнює газообмін між атмосферою і ґрунтовими екосистемами, порушуються їх структурні та функціональні характеристики, змінюються фізико-хімічні властивості, окисно-відновний потенціал, вуглецево-азотний баланс, знижується родючість земель [29, 30].

Істотне нафтове засмічення ґрунтів, яке виникає при аварійних викидах, супроводжується токсичною дією нафти на живі організми. При великих концентраціях нафта чинить високий токсичний вплив на усю ґрунтову біоту, але період токсичності є порівняно недовготривалим. З часом гострота токсичного впливу нафти помітно знижується, а зниження біологічної продуктивності нафтозабруднених ґрунтів, пов'язане зі зміною важливих властивостей залишається довготривалим. Складність завдання полягає не тільки в масштабах нафтового виливу, але й у розробці критеріїв оцінки і способів ліквідації наслідків цього не постійного за своїм складом

засмічення. Різноманітність нафтопродуктів ускладнює процес їхнього моніторингу [30].

## 2.1. Характеристика рослинних тест-об'єктів

Рослини - це первинні ланки трофічних ланцюгів, що виконують важливу роль у поглинанні різних забруднювачів і постійно піддаються їх впливу внаслідок закріплення на субстраті. Саме тому рослини вважають особливо комфортними об'єктами для біомоніторингу ґрунтів [21–23]. Оперативну інформацію про фітотоксичність забрудненого ґрунту легко отримати, використовуючи *тест-об'єкти* (насіння і проростки рослин) і різноманітні *тест-функції* (динаміка проростання насінини, відсоток схожості, довжина основного і бічних коренів, висота пагона тощо) [24].

Відомо, що рослинні об'єкти відрізняються за фізіологічними характеристиками і біохімічним складом, їх реакція залежить від умов середовища, умов проведення експерименту [25]. У зв'язку з цим при використанні кожної рослинної тест-системи вельме необхідним є етап *калібрування* – випробовування даної тест-системи із застосуванням різних концентрацій забруднювачів [24].

Пріоритетними є дослідження з пошуку тест-систем, що будуть давати можливість оцінювати складений вплив забруднювачів навколишнього середовища на біоту. У цьому сенсі рослини мають значні переваги перед приладами: недорогі, легко відтворюються, стрімко розмножуються, мають типову реакцію на вплив.

При відборі тест-організмів значним є застосування біотестів, особливо чутливіших до дії забруднювальних компонентів. Друга важлива вимога відносно тест-організму є в тому, що дія токсиканта на нього повинна неодмінно викликати зворотну реакцію організму [11].

Рослинні тест-системи являються досить вірними та зручними у встановленні ступеня токсичності деяких забруднювачів, також вони



дозволяють оцінити сумарний ефект дії різноманітних видів забруднювачів, у тому числі для оцінки ступеня деградації ґрунтових екосистем, які зазнають різнопланово антропогенного впливу. Особливо інформативними даними з екологічної небезпеки нафтопродуктів для ґрунтової екосистеми являється визначення *фітотоксичності* – здатності ґрунту чинити пригнічувальний вплив на рослини, що призводить до порушення фізіологічних процесів, погіршення якості рослинної продукції [29].

### 2.1.1. Біологічний моніторинг нафтозабруднених ґрунтів

В результаті немонофакторного характеру дії нафти і нафтопродуктів, токсичну активність ґрунту складно прогнозувати, адже окремі компоненти, взаємодіючи між собою і ґрунтовим середовищем, здатні активуватись або інактивуватись різними зовнішніми факторами. Нормативи екологічної регламентації являються комплексними і враховують дію нафти на ґрунтову біоту й фізико-хімічні властивості ґрунту [29].

Біотестування, біоіндикація і екотоксикологія дозволяють в цілому одержати повну картину деградації ґрунтів, забруднених нафтопродуктами. Принцип біоіндикації будується на тому, що будь-який організм відносно діючого фактора володіє унікальним фізіологічним діапазоном реакції. Треба пам'ятати, що на кожну певну групу організмів будуть впливати інші незліченні фактори, які не завжди можна врахувати. Через це комплексну оцінку екотоксичності нафтозабруднених ґрунтів раціонально здійснювати на основі біотестів різних трофічних рівнів, зокрема: ґрунтових екзоферментів, ґрунтової мікрофлори і фауни, рослин-індикаторів, рослин-ремедіантів тощо [14,26].

Вплив нафтового забруднення на рослинні організми відбувається наступними шляхами: безпосередньо (в результаті проникнення компонентів нафти через кореневу систему або продири листя і включення їх у

метаболізм) і опосередковано (через зміни фізико-хімічного складу ґрунту та порушення його біотичних властивостей) [30].

Безпосередній вплив нафти на рослинний покрив виявляється в тому, що сповільнюється зростання рослин, порушуються функції фотосинтезу і дихання, відзначаються різні морфологічні порушення, істотно страждають коренева система, листя, стебла та репродуктивні органи [29, 30].

Щоб діагностувати й оцінити токсичність нафтозабруднених ґрунтів традиційно враховуються наступні показники; висота рослин, кількість, довжина і ширина листя, довжина черешків, кількість і довжина пагонів, кількість квіток, розміри частин оцвітини, кількість плодів і насіння у плоді, загальна маса рослини і маса окремих її частин тощо. Фізіолого-біохімічні та цитогенетичні параметри рослинних тест- систем придатні для кількісної оцінки впливу чинників в умовах техногенного забруднення. Біоіндикацію нафтозабруднених ґрунтів у агроєкосистемах проводять на основі реакцій сільськогосподарських рослин із різною сприйнятливістю до даного чинника [29].

Вивчено фізіологічні аспекти адаптації стійких до забруднення ґрунту нафтою видів рослин – *Carex hirtata* Fababona. Вперше виявлено вплив нафти на характер опушення верхньої ділянки листків *C. hirta*: на забруднених нафтою площах спостерігали форми з гладеньким неопушеним листям та блискучою поверхнею, в той же час на контрольних ділянках – листя опушене, мало матову поверхню; у дослідних рослин *C. hirta* спостерігали аномалії при утворенні продихів (злиття двох-трьох продихів). За дії нафтового забруднення ґрунту (50 г/кг) збільшувалася кількість продихів на поверхні листів дослідних рослин, зокрема у *V. faba* майже на 43%, у *C. hirta* – на 13% щодо контрольної групи. Але при дії сильного нафтового забруднення (100 г/кг ґрунту) спостерігали зменшення кількості продихів на одиницю площі листка: у *V. faba* на 18%, у *C. hirta* – на 15% щодо контрольної групи.

Можемо зробити підсумок на основі літературних даних, що досліджувані тест-реакції фіторемедіантів (табл. 2.1) є чутливими до дії нафти, тому їх раціонально використовувати як тест-системи при фітоіндикації нафтозабруднених територій, а рослини *C. hirta* і *V. faba* – для відновлення нафтозабруднених ґрунтів [26].

Про фітотоксичність забрудненого ґрунту оперативну інформацію можна отримати, за допомогою використання як тест-об'єктів насіння та проростків рослин. Тест-функції, які використовують у біотестуванні, вельми різноманітні: динаміка проростання насіння, відсоток схожості, довжина головного і бічних коренів, довжина пагона тощо. На їх основі визначають *фітотоксичний ефект* ґрунту [29].

Для порівняння токсичності за ростовим тестом фітоіндикатора зроблена шкала рівнів токсичності ґрунтів (табл. 2.2).

Таблиця 2.1

Рослинні тест-системи *Carexhirta*L. та *FababonaMedic.* (*Viciafaba*L.) в умовах забруднення ґрунту нафтою

№ з/п	Тест-системи	Морфологічні та біометричні параметри
1.	Насіння <i>V. faba</i>	Схожість насіння за дії різних концентрацій нафти і нафтопродуктів
2.	Цілісна рослина <i>C. hirta</i> і <i>V. faba</i>	- біомаса рослин; - виживаність рослин у польових та лабораторних умовах
3.	Веgetативні органи рослин	- довжина кореневищ <i>C. hirta</i> ; - висота пагонів рослин <i>C. hirta</i> і <i>V. faba</i>
4.	Листки рослин <i>C. hirta</i> і <i>V. faba</i>	- довжина і ширина листкової пластинки; - кількість продихів на одиницю поверхні листка; - вміст фотосинтетичних пігментів; - наявність хлорозів, некрозів тощо; - характер опушення листкової пластинки <i>C. hirta</i>

Таблиця 2.2

Шкала рівнів токсичності ґрунтів

Рівні пригнічення ростових процесів (фітотоксичний ефект), %	Рівень токсичності
0–20	Відсутність або слабкий рівень токсичності
20,1–40	Середній рівень

40,1–60	Вище середнього рівня
60,1–80	Високий рівень
80,1–100	Максимальний рівень

У біотестуванні головним параметром оцінки забруднення є не концентрація поллютанта, а реакція і відповідь живого організму. Головна перевага біотестування токсичності забрудненого середовища - це урахування впливу антагоністичних і синергічних взаємодій поллютантів, оцінка сумісної біологічної активності впливу фізико-хімічних чинників на біоту.

Способи біотестування, що основані на вивченні характеру зворотної реакції тест-організмів, мають цілу низку переваг: оперативність, об'єктивність, доступність, простота проведення досліджень, повторюваність і достовірність отриманих результатів, економічність, низька собівартість тощо.

Рослини - це найбільш зручні і доступні об'єктами для біомоніторингу ґрунтів, адже вони є первинними ланками трофічних ланцюгів, виконують основне завдання у поглинанні різних забруднювачів і постійно зазнають їх вплив внаслідок закріплення на субстраті [21–23]. Рослини дуже пластичні та гостро реагують на усі зміни екологічних умов. Тому індикаційні фітоекологічні спостереження здатні полегшити, прискорити, підвищити ефективність, а часом і замінити трудомісткі інструментальні методи досліджень.

## **2.2. Методи визначення фітотоксичності палив**

### **2.2.1. Метод фіторемедіації**

Підтверджено привабливість використання *методів фіторемедіації* забруднених ґрунтів, які засновані на встановленій здатності рослин поглинати вуглеводні нафти і безпосередньо брати участь у їх деструкції.

На основі вивчення впливу абіотичних чинників на деградацію нафти у ґрунті концентрацією 10% (100 г/кг) в перші дні після забруднення, коли особливо токсичні вуглеводні легкої фракції випаровуються, виявлено, що процес деструкції нафтопродуктів відбувається досить енергійно: через 2 доби кількість випаруваної нафти становила 39,78%, через 3 доби – 45,9%, а на 11-ту добу – 53,5%. Виходить, провідна роль у деградації токсичних нафтопродуктів з ґрунту належить процесам випаровування. Подальша деструкція нафтопродуктів відбувається за допомогою живих організмів (мікроорганізмів і рослин); вони можуть розкладати важкі фракції нафти і відновлювати фізико-хімічні властивості забруднених екотопів [24].

У попередніх досліджах встановлено толерантність до нафтозабруднених ґрунтів рослин осоки шорстковолосої (*Carex hirta* L.). За допомогою експеримента показано, що ці рослини, розмножуючись кореневищами, захоплюють забруднені ділянки навіть при наявності високого забруднення ґрунту (100 г/кг), позитивно впливають на фізико-хімічні та мікробіологічні властивості ґрунту, покращують повітряно-водний режим, стимулюють зростання чисельності і активності ґрунтової мікробіоти, а це забезпечує біодеградацію нафти у ґрунті [16].

Негативний вплив нафти на хімічний склад ґрунту проявляється у нагромадженні вуглецю за рахунок вуглеводнів нафти, це призводить до зміщення наявного в ґрунті відношення C/N. Для вирішення цього завдання можуть бути використані стійкі до нафтового забруднення представники родини Бобових (*Fabaceae*), адже вони здатні фіксувати атмосферний азот [29, 30].

Вивчено вплив бобових рослин *Vicia faba* L. var. minor на функціонування мікробних асоціацій метаболізму азоту в забрудненому нафтою ґрунті. Показано значне зниження кількості нітрифікаторів і денітрифікаторів в нафтозабрудненому ґрунті і відновлення їх чисельності за участі рослин *V. faba* .

Досліджено участь рослин *Faba bona* Medic. (*Vicia faba* L.) в відновленні нафтозабруднених ґрунтів. Встановлено пряму залежність токсичності ґрунту від вмісту нафти у ньому (10, 25, 50, 100 г нафти на 1 кг ґрунту). Показано, що рослини *V. faba* значно знижували фітотоксичність і вміст нафтопродуктів у забруднених ґрунтах, це дає підстави радити цей вид для фіторемедіації нафтозабруднених територій [26].

В той же час, досліджують можливість використання різних порід дерев для фіторемедіації ґрунтів від Cd, Pb, Cu та Cr, а для очищення ґрунтів від надлишків міді – *Ammaniabaccifera*. Існує цілий ряд перспективних для фіторемедіації рослин: *Salixviminalis*, *Rumextiashanicus*, *Rumexpatientia*, *Sorghumbicolor* для очистки ґрунтів від кадмію (Cd); *Zeamays* – від свинцю (Pb) та інші.

Також для очищення ґрунтів від ВМ розумно використовувати рослини, які здатні утворювати мікоризу. Припустимо, це пов'язано з деякими особливостями метаболізму рослин, які здатні утворювати симбіоз з грибами. Скажімо, мікориза стримує індукований кадмієм стрес у гороху.

Нещодавно була знайдена рослина-металофіл *Arabidopsis halleri*, котра здатна накопичувати величезні кількості кадмію і цинку – 2,2% і 0,28% від сухої маси відповідно. Вченим-генетикам вдалося вивести сорт виду *Arabidopsis thaliana*, котрий також накопичує величезні кількості цих двох металів. Щоправда науковцями ведуться широкі дослідження впливу сольового стресу на метаболізм цієї рослини.

Можна помітити, що методи фітоочищення нафтозабруднених ґрунтів являються екологічно безпечними та економічно виграшними, адже сприяють зростанню ступеня очищення ґрунтів на середньо і сильно забруднених нафтою ділянках, знижують їх фітотоксичність, забезпечують ріст і розвиток трав'яної рослинності тільки за один вегетаційний період після посадки, без додаткового внесення мікробіологічних препаратів, органічних або мінеральних добрив, і це допоможе здешевити і спростити процес та отримати передбачений технічний підсумок.

## 2.2.2. Фітотестування як експрес-метод оцінки токсичності нафтозабруднених ґрунтів

Вчені Горон М., Джура Н. та Романюк О. провели оцінку токсичності нафтозабруднених ґрунтів методами фітотестування. Вони встановили лінійну залежність між пригніченням росту коренів і пагонів досліджуваних фітотестів – льону звичайного (*Linum usitatissimum* L.) і соняшника однорічного (*Helianthus annuus* L.) та ступенем нафтового забруднення.

Під час пошуку чутливих тест-об'єктів для оцінки токсичності науковці пророщували насіння різних видів рослин – льону звичайного (*Linum usitatissimum* L.), соняшника однорічного (*Helianthus annuus* L.), ріпаку озимого (*Brassica napus* L.), проса дикого (*Panicum miliaceum* L.), крес-салату (*Lepidium sativum* L.), огірка звичайного (*Cucumis sativus* L.) на ґрунтах, які були забруднені сировою нафтою у концентрації 5%.

Щоб встановити залежність між концентраціями нафти у ґрунті та морфометричними показниками чутливих фітотестів (*L. usitatissimum* та *H. annuus*) проводили додаткові досліді: середньосуглинковий ґрунт, приготовлений згідно з методами, забруднювали сировою нафтою (густиною 0,86 г/мл) у концентраціях 1, 2,5, 5, 8, 10, 15%. Контрольною групою був ґрунт без нафти. До чашок Петрі поміщали 20 г ґрунту і зволожували 10 мл води (вологість 35%). На ґрунт розкладали насіння тест-об'єктів. Закриті чашки відправляли в термостат на проростання при температурі +24°C. Через 3 доби фіксували кількість пророслого насіння, а через 6 діб – замірювали довжину коренів і висоту пагонів. Отримані показники у дослідних варіантах виражали у відсотках щодо контрольної групи. Достовірність розбіжності між контрольним і дослідними зразками оцінювали за критерієм Стьюдента, вірогідними вважали різниці, де рівень значущості  $p < 0,05$ .

На основі аналізу схожості насіння, довжини кореня (ДК) і висоти пагона (ВП), коефіцієнтів варіації морфометричних параметрів показано різну реакцію досліджуваних тест-об'єктів до нафтового стресу (табл. 2.3).

Вперше біла виявлена вразливість крес-салату до дії нафти у ґрунті – відносна схожість насіння, довжина кореня і висота пагона зменшувалися та становили відповідно  $85,7\pm 4,7$ ,  $15,6\pm 1,1$  і  $32,5\pm 2,7\%$  порівняно з контрольною групою.

Таблиця 2.3

Чутливість різних видів рослин до забруднення ґрунту нафтою у концентрації 5%

Тест-об'єкти	Відносна схожість, % $x\pm m$	Довжина кореня			Висота пагона		
		$x\pm m$ , %	Рівень значущості, $p <$	Коефіцієнт варіації, %	$x\pm m$ , %	Рівень значущості, $p <$	Коефіцієнт варіації, %
<i>Brassica napus</i> L.	$96,2\pm 6,6$	$59,7\pm 6,8$	0,05	39,4	$20,7\pm 3,5$	0,001	54
<i>Panicum miliaceum</i> L.	$131\pm 12,5$	$115,5\pm 5,4$	—	32,5	$26,9\pm 3,2$	0,05	81,6
<i>Cucumis sativus</i> L.	$130\pm 10,4$	$45,4\pm 4,2$	0,01	56,9	$54\pm 5,9$	0,05	68,4
<i>Lepidium sativum</i> L.	$85,7\pm 4,7$	$15,6\pm 1,1$	0,001	22,5	$32,5\pm 2,7$	0,05	38,1
<i>Linum usitatissimum</i> L.	$111\pm 6,2$	$47,4\pm 2,2$	0,01	28,2	$21,2\pm 1$	0,01	29,6
<i>Helianthus annuus</i> L.	$116\pm 4,2$	$52,9\pm 4,2$	0,01	41,7	$16,1\pm 2,4$	0,01	31,20%

Примітка: Контроль для усіх показників порівнювали до 100%;  $x$  – середнє арифметичне;  $m$  – статистична похибка середнього арифметичного.

В умовах нафтового забруднення визначено неоднозначність різних тест-реакцій проса дикого: довжина кореня сягала контролю, але висота пагона становила лише  $26,9\pm 3,2\%$ . Для останньої притаманний високий рівень мінливості – коефіцієнт варіації 81,6%. Показано, що огірок звичайний більш чутливий до дії нафти у порівнянні з просом: ДК –  $45,4\pm 4,2\%$ , а ВП –  $54\pm 5,9\%$ . Але для даних ознак характерна висока мінливість: значення коефіцієнта варіації становило відповідно 56,9 і 68,4%. Неоднорідність реакції всередині вибірки відбувалася і для ріпаку озимого.

Саме так, на основі проведених досліджень уперше виявлено високу варіабельність показників у *L. sativum*, *P. miliaceum* та *C. sativus* на дію нафти, що не дозволяє використовувати ці види для подальших досліджень.



Але показано високу чутливість льону звичайного та соняшника однорічного до дії нафтового забруднення ґрунту: довжина кореня та висота пагона льону становила  $47,4 \pm 2,2$  і  $21,2 \pm 1\%$ , у соняшника –  $52,9 \pm 4,2$  і  $16,1 \pm 2,4\%$  відповідно. Слід вказати на однорідність реакцій усередині вибірки – коефіцієнт варіації морфометричних показників становив близько 30% для обох тест-об'єктів, крім довжини кореня соняшника – 41,7%. Це дає підставу використовувати *Lusitatissimum* та *H. annuus* для подальших досліджень.

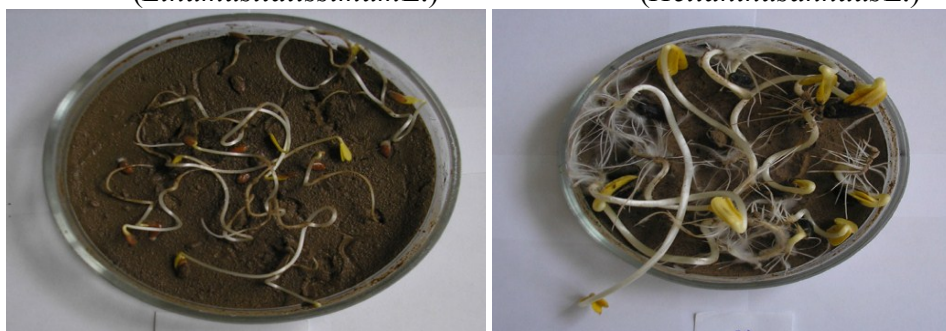
Схожість насіння льону та соняшника за дії нафти від 1 до 8% не відрізнялася від контрольної групи. Істотне зменшення схожості насіння *L. usitatissimum* та *H. annuus* спостерігали за дії високих концентрацій нафти у ґрунті: за дії нафти 10% даний показник у льону становив  $28 \pm 6,5\%$ , а у соняшника –  $70,8 \pm 11\%$  щодо контрольної групи; за дії нафти 15% насіння досліджуваних тест-об'єктів не проростало (рис. 2.1). Насіння здатне адсорбувати нафту, що, у свою чергу, призводить до розвитку змін метаболічних реакцій, і унаслідок чого зменшується схожість або насіння взагалі не проростає .

Для отримання кількісних характеристик впливу забруднювачів потрібно визначити залежність між реакцією рослини на стресовий фактор і дозою фактора. Для цього порівнюють відповідні параметри (схожість, довжину кореня тощо) з відповідними дозами (концентраціями) фактора з отриманням залежності „доза-ефект” („концентрація- ефект”), на основі яких будують калібрувальні криві.

Визначено, що за дії низьких концентрацій нафти (1; 2,5%) довжина кореня соняшника суттєво не відрізнялася зі статистичною достовірністю від контрольної групи, але у льону спостерігали зменшення ДК на 70 і 60% відповідно (рис. 2.2). Це свідчить про більшу чутливість даної тест-реакції *L. usitatissimum* по відношенню до низького нафтового забруднення. Проте дана залежність має складний нелінійний характер на проміжку 1–5% нафти. Важливо відмітити, що на проміжку 5–15% нафти залежності між довжиною кореня обох досліджуваних тест-об'єктів і ступенем нафтового забруднення

близькі і тяжіють до лінійних. Це говорить про можливість застосування даної тест-реакції на практиці для визначення ступеня токсичності й фітооцінки нафтозабруднених ґрунтів різними видами рослин у межах концентрацій нафти 5–15%.

Льон звичайний Соняшник однорічний  
(*Linum usitatissimum* L.) (*Helianthus annuus* L.)



Контроль



8% нафти у ґрунті



10% нафти у ґрунті



15% нафти у ґрунті

Рис. 2.1. Рослинні тест-системи *Linum usitatissimum* L. та *Helianthus annuus* L. за дії нафти у ґрунті

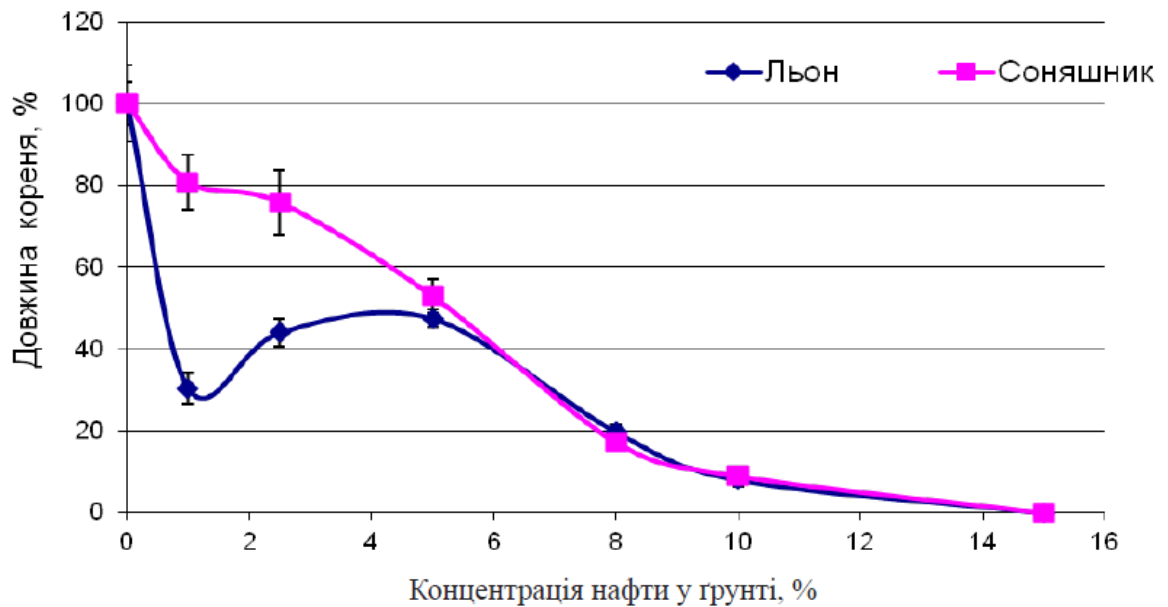


Рис. 2.2. Залежність довжини коренів льону звичайного (*Linum usitatissimum* L.) та соняшника однорічного (*Helianthus annuus* L.) від концентрації нафти у ґрунті

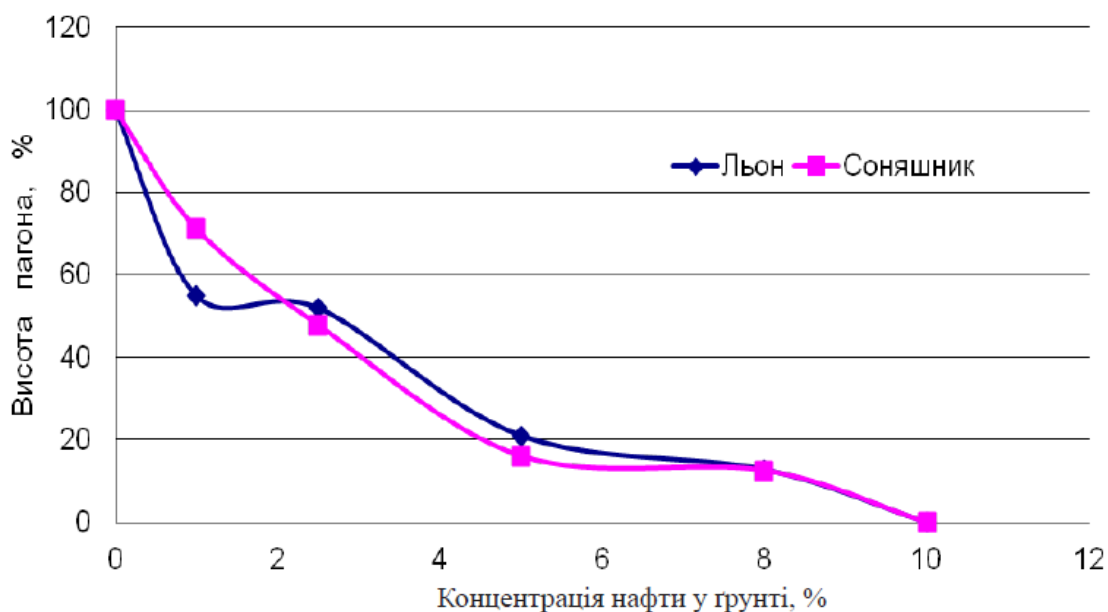


Рис. 2.3. Залежність висоти пагонів льону звичайного (*Linum usitatissimum* L.) та соняшника однорічного (*Helianthus annuus* L.) від концентрації нафти у ґрунті

Дослідження показали високу чутливість росту пагонів до дії нафти, навіть за низьких концентрацій (1%): зокрема, висота пагонів у льону становила  $55 \pm 4,7\%$ , а у соняшника –  $71,2 \pm 8,5\%$  (рис. 2.3). Досліджувана тест-реакція робить можливим зафіксувати токсичність слабозабруднених ґрунтів на територіях нафтових виливів.

При збільшенні концентрації нафти у ґрунті ріст пагона поступово пригнічувався в обох досліджуваних об'єктах. За дії нафти 10% пагін не розвивався. Тобто, встановлену залежність між висотою пагона і концентрацією нафти у ґрунті можемо представити двома лінійними ділянками в діапазонах концентрацій нафти 0–5 та 5–10%. Отримані прямі практично збігаються, це вказує на однаковий ступінь фітотоксичності забруднених ґрунтів для обох видів рослин.

Завдяки проведеним дослідженням встановлено залежність „концентрація-ефект” між відносною довжиною коренів *H. annuus* і ступенем нафтового забруднення на проміжку 1–15%, а також відносною довжиною пагонів і нафтовим забрудненням на проміжку 1–10% для обох

досліджуваних тест-об'єктів – *L. usitatissimum* та *H. annuus*. Але під час впливу низьких концентрацій нафти (1%) попередню оцінку розумно проводити за висотою пагонів однієї із рослин, а подальше її уточнення – за довжиною кореня *L. usitatissimum*.

Результатом проведених досліджень виявлено специфічність і чутливість фітотестів *Linum usitatissimum* L. та *Helianthus annuus* L., це вказує на можливість їх використання для оцінки токсичності нафтозабруднених ґрунтів. Результати, які отримали вчені, є базовими для розробки методичних рекомендацій визначення концентрацій нафти у ґрунті й еколого-токсикологічної діагностики нафтозабруднених територій.

2.2.3. Перспективи фіторемедіації нафтозабруднених ґрунтів рослинами *Fababona Medic.* (*Vicia faba* L.)

Н. Джурою було досліджено участь бобових рослин *Fababona Medic.* (*Vicia faba* L.) у відновленні нафтозабруднених ґрунтів. Виявлено пряму залежність токсичності ґрунту від вмісту нафти в ньому (10, 25, 50 і 100 г нафти на 1 кг ґрунту). Встановлено, що рослини *V. faba* значно знижували фітотоксичність і вміст нафтопродуктів в забруднених ґрунтах, це дозволяє рекомендувати цей вид для фіторемедіації нафтозабруднених територій.

Для вирощування рослин *Faba bona* закладали модельні досліди у звичайних умовах. У вегетаційні посудини помістили чистий ґрунт, який забруднили сировою нафтою (густина нафти 0,87 г/мл) у концентраціях: 10, 25, 50 і 100 г нафти на 1 кг ґрунту. Через 4 тижні після внесення нафти у ґрунт (потрібний термін для вивітрювання летких токсичних нафтопродуктів) висаджували заздалегідь замочене у воді (15 годин) насіння *V. faba* з розрахунку 42 г/м<sup>2</sup>. Контрольною групою слугували рослини, вирощені у ґрунті без нафти. Схожість насіння рослин в забрудненому ґрунті визначали за загально визнаною методикою.

Період деградації нафти в ґрунті (вивітрювання, мікробіологічна деструкція тощо) тривав 120 днів, з яких 90 днів – період очищення ґрунту за допомогою рослин. Після вказаного терміну в нафтозабруднених ґрунтах аналізували фітотоксичність і вміст нафтопродуктів. Зразки ґрунту без рослин з вищенаведеними концентраціями нафти були контрольними групами.

Відбір середньої проби ґрунту, підготовку зразків до огляду проводили згідно з прийнятою методикою. Токсичність нафтозабруднених ґрунтів визначали за допомогою фітотесту *Linum usitatissimum* L. і виражали енергією проростання (%) *L. usitatissimum* на 3-тю добу. Вміст нафтопродуктів у ґрунтах визначали відповідно до модифікованої методики шляхом екстракції нафтопродуктів з проб ґрунту тетрахлоридом вуглецю з подальшим ІЧ-спектрофотометричним визначенням у Відділенні фізико-хімії горючих копалин Інституту фізико-органічної хімії та вуглехімії ім. Л. Литвиненка НАН України. Досліди проводили у триразово. Отримані результати обробляли статистично.

Для проростання насіння потрібні певні умови, в першу чергу – вода. Проростання насіння починається після адсорбції води крізь мікропіле та насінневі оболонки завдяки біоколоїдам, котрими є білки, крохмаль, геміцелюлоза, пектинові речовини. Набухання цих речовин створює силу для розриву оболонки. Зародок збільшується у розмірах внаслідок росту клітин розтягненням і поглинанням води. Зародковий корінець виходить в результаті розриву насінної шкірки, і насінину вважають пророслою.

Відомо, що нафта створює гідрофобні властивості ґрунту, а це призводить до зменшення надходження води, потрібної для процесу проростання насіння. Через це ступінь токсичності забрудненого ґрунту буде визначатися не лише концентрацією нафти, але і порушенням основних фізико-хімічних і біологічних властивостей ґрунту.

Дослідження процесу проростання насіння *Faba bona* в умовах нафтового забруднення (рис. 2.4) дозволило виявити, що за дії нафти 50 г/кг

схожість насіння сягала контрольної групи, тоді як за дії нафти 100 г/кг – знижувалася до 50%, що говорить про високу фітотоксичність такого ґрунту. Втім здатність насіння *Faba bona* проростати навіть у істотно забрудненому нафтою ґрунті є значущою властивістю, адже може бути використане для заселення рослинами нафтозабруднених територій насіннєвим шляхом.

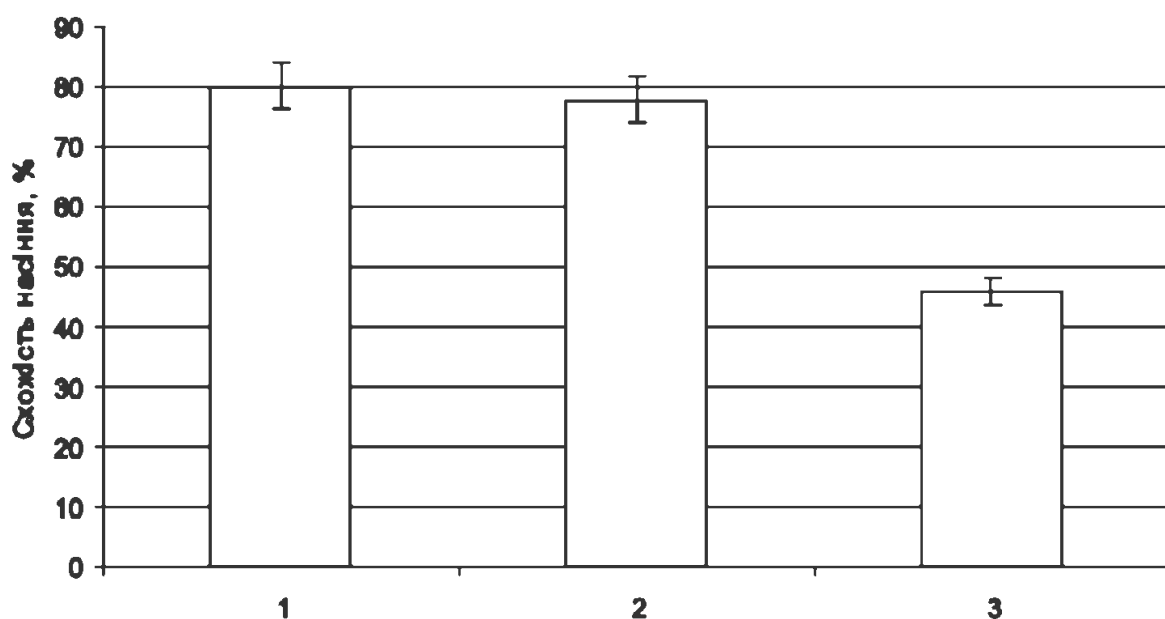


Рис. 2.4. Схожість насіння *FababonaMedic.* (*Vicia faba* L.) у ґрунті, забрудненому нафтою: 1 – контроль (ґрунт без нафти); 2 – нафта, 50 г/кг; 3 – нафта, 100 г/кг

Через те, що ріст рослин є одним із найважливіших показників, що характеризують їх реакцію на стрес, досліджували залежність ростових параметрів від концентрації нафти у ґрунті (табл. 2.4, рис.2.5). У рослин *Faba bona*, які росли за дії нафти 50 г/кг, висота надземної частини зменшувалася незначним чином. При збільшенні концентрації нафти до 100 г/кг проявлялось гальмування росту бобів кормових – висота надземної частини зменшувалася на 16% у порівнянні з контрольною групою. Пригнічення ростових процесів відбувалося через ускладнення кореневого живлення рослин в результаті погіршення фізико-хімічних властивостей нафтозабрудненого ґрунту.

Таблиця 2.4.

Вплив нафтового забруднення ґрунту на ростові параметри рослин  
*FababonaMedic. (Vicia faba L.)*

Варіанти	Висота надземної частини, см	Довжина листків, см	Ширина листків, см
Контроль	24,13 ± 2,3	2,88±0,2	4,17±0,9
Нафта, 50 г/кг	22,69 ± 1,8	2,63±0,1	3,71±0,4
Нафта, 100 г/кг	20,27 ± 2,1	2,22±0,3	3,54±0,5



Контроль Нафта, 50 г/кг Нафта, 100 г/кг

Рис. 2.5. Дванадцятидобові рослини *Faba bona* у ґрунті, забрудненому нафтою

Через забруднення ґруну нафтопродуктами створюються анаеробні умови, змінюється окисно-відновний потенціал, порушується вуглецево-азотна рівновага, змінюється вміст поглинутих основ кальцію і магнію, в результаті цього ґрунт втрачає свою родючість, стає гідрофобним, зростає ерозія, вивітрювання тощо. Через нафтові виливи на поверхні ґрунту утворюється щільна, в'язка бітумінозна кірка.

Є альтернативні методи фітореMediaції, що допоможуть прискорити процес відновлення деградованих ґрунтів. Економічна оцінка показує, що вартість фітоочищення у 3–5 разів нижча за будь-які звичайні способи. Якщо взяти до уваги нерозривність і природність зв'язку ґрунту й рослин, біотехнологія фітоочищення має надзвичайно багато переваг.



Кореневі виділення рослин і мікроорганізми ризосфери активують процеси переходу важкодоступних форм елементів мінерального живлення у доступні для рослин форми. Бобові можуть мати ряд переваг у відновленні нафтозабруднених ґрунтів, адже мають здатність фіксувати атмосферний азот.

У виникненні азотфіксувальних симбіотичних систем мікроорганізмів і вищих рослин велику роль відіграє вуглецевий обмін симбіонтів. На засвоєння мікроорганізмами молекулярного азоту атмосфери впливає ряд екологічних факторів: вологість і тип ґрунту, ступінь аерації, температура, реакція середовища, рівень доступних макро- і мікроелементів, фаза росту й розвитку рослин. Бульбочкові бактерії насичують рослину азотними сполуками, а як джерело енергії використовують сполуки вуглецю, котрі синтезуються рослинами. Ризобіальний симбіоз бобових і бульбочкових бактерій залежить від накопичення вуглеводів (моносахаридів) у тканинах рослин.

Визначено високий адаптивний потенціал і видоспецифічність рослин *Faba bona* Medic. (*Vicia faba* L.) за дії нафтового стресу. Тому раціонально було дослідити участь цього виду рослин у відновленні нафтозабруднених ґрунтів. Досліджували токсичність і вміст нафтопродуктів у ґрунтах в процесі фітореMediaції.

Найперший критерій токсичності ґрунту - це показники смертності й виживання клітин і організмів, оцінка динаміки проростання насіння та кількість пророслого насіння за визначений час.

Огляд ґрунтів показав пряму залежність фітотоксичності ґрунту від вмісту нафти у ньому (рис. 2.6). Рослини *V. faba* істотно знижували токсичність ґрунтів різного рівня забруднення – енергія проростання *L. usitatissimum* зростала майже удвічі на ґрунтах, де заздалегідь росли боби, в порівнянні з ґрунтами без них.

Забезпеченність ґрунту біогенними елементами, біологічно активними речовинами та наявністю мікроорганізмів-нафтодеструкторів впливає на

інтенсивність розкладання нафти і нафтопродуктів. Істотну роль у відновленні нафтозабруднених ґрунтів приймають мікроорганізми різних систематичних груп, які здатні засвоювати вуглеводні нафти як виняткове джерело вуглецевого живлення. До них відносяться усі види міксоміцетів, дріжджів і бактерій.

За участю рослин *V. faba* зростає кількість фізіологічних груп ґрунтових мікроорганізмів кругообігу азоту, внаслідок чого відбуваються взаємовигідні біотичні зв'язки між мікрофлорою і рослинами. Дані умови прискорюють процес біодеградації нафти і ґрунті, і це веде до зниження його токсичності.

У нормативно-технічній документації нормування якості навколишнього природного середовища не зазначений показник ГДК нафтових вуглеводнів у ґрунті. Сьогодні існує лише значення приблизно допустимих концентрацій вуглеводнів – 4 г/кг ґрунту. Більш складною являється виявлення довготривалих забруднень, коли нафта втрачає в основному вуглеводневу фракцію, однак вміст її в ґрунті залишається високим.

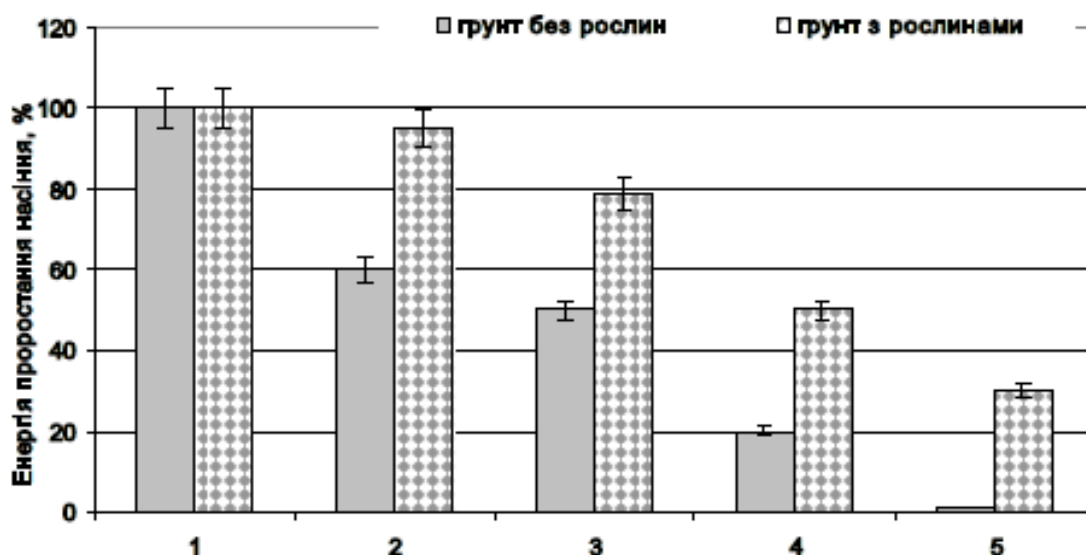


Рис. 2.6. Вплив нафти і рослин *Fababonana* на токсичність нафтозабруднених ґрунтів, виражену енергією проростання (%) фітотесту *L. usitatissimum*: 1 – контроль (ґрунт без нафти); 2 – нафта, 10 г/кг; 3 – нафта, 25 г/кг; 4 – нафта, 50 г/кг; 5 – нафта, 100 г/кг

За підсумками досліджень маємо показники, що біодеградація нафти у ґрунті активно відбувається внаслідок абіотичних і біотичних чинників (табл. 2.5, 2.6). Рослини *Faba bona* істотно прискорювали процес очищення ґрунтів забруднених нафтою: за низьких концентрацій нафти (10 г/кг), після 3-х місяців фітореMediaції, ґрунт очистився на 100%; за дії нафти 25 г/кг сумарне очищення ґрунту становило 92%, а за дії нафти 50 і 100 г/кг – 70 і 61,7% відповідно. Особливо інтенсивне розкладання вуглеводнів нафти відстежували в природних умовах Бориславського нафтового родовища (табл. 2.6). Вміст нафтопродуктів у істотно забруднених ґрунтах (50 і 105 г/кг) після фітореMediaції складав 15 і 40,1 г/кг відповідно. У зв'язку з цим, вид *Faba bona* є придатним для очищення істотно забруднених нафтою ґрунтів.

Таблиця 2.5.

Вплив рослин *FababonaMedic. (ViciafabaL.)* на біодеградацію нафти у ґрунті (модельні дослідиди)

Вміст нафти у ґрунті(вихідне абруднення), г/кг	Вміст нафтопродуктіву ґрунті після фітореMediaції(залишкове абруднення), г/кг	Сумарнеочищення ґрунту, %
Нафта, 10 г/кг	0	100 ± 2,1
Нафта, 25 г/кг	2,0	92 ± 1,3
Нафта, 50 г/кг	15,0	70 ± 1,2
Нафта, 100 г/кг	40,1	61,7 ± 2,5

Таблиця 2.6.

Вплив бобів кормових на біодеградацію нафти у ґрунті (природні умови БНР)

Вміст нафти у ґрунті (вихідне абруднення), г/кг	Вміст нафтопродуктів у ґрунті після фітореMediaції (залишкове абруднення), г/кг	Сумарнеочищення ґрунту, %
Нафта, 50 г/кг	11,4	77,2 ± 1,2
Нафта, 105 г/кг	36,1	65,7 ± 2,5

Засівання нафтозабруднених територій насіннєвим методом має переваги в порівнянні із вегетативним розмноженням (скажімо, підземними пагонами, як у випадку довгокореневищного виду *Carex hirta L.*), бо не вимагає довгого періоду для нарощування рослинної маси до висадки рослин

в забруднений ґрунт, а також – деякого часу, потрібного для адаптації дорослих особин до несприятливих умов. Через це, вид *Faba bona* Medic. (*Vicia faba* L.) можна рекомендувати для фітореMediaції нафтозабруднених територій насіннєвим шляхом.

Розроблено екологічно нешкідливий та економічно виграшний метод фітоочищення нафтозабруднених ґрунтів на основі отриманих результатів. Запропонований метод підвищує ступінь очищення ґрунтів на середньо і істотно забруднених нафтою ділянках, знижує їх фітотоксичність, забезпечує ріст і розвиток трав'яної рослинності тільки за один вегетаційний період після посадки, без додаткового внесення мікробіологічних препаратів, органічних чи мінеральних добрив, а це має здешевити і спростити процес, дати змогу отримати передбачений технічний результат.

#### 2.2.4. Можливості застосування рослин-фітореMediaнтів захисту ґрунтів від діяльності об'єктів нафтопромислового комплексу

Р. В. Булавенко були проаналізовані дослідження і публікації з використання фітотехнологій, зокрема методів фітореMediaції для забезпечення екологічної безпеки щодо дії нафтопромислового комплексу, а саме для очищення ґрунтів від нафти та нафтопродуктів. Вивчено процеси фітореMediaції, її види, значення та необхідність застосування для очищення ґрунтів. Наведений перелік сільськогосподарських та інших рослин-фітомередіантів, котрі можна рекомендувати для використання на ґрунтах, забруднених нафтою та нафтопродуктами.

Вкрай необхідне розуміння механізмів самоочищення і відновлення ґрунтів, порушених ехногенезом при дослідженні трансформації нафти, що потрапила у ґрунт унаслідок розливів чи витоків у місцях зберігання чи транспортування. Ґрунт – це фінальний резервуар акумуляції нафтопродуктів. Найбільша кількість їх накопичується в гумусовому горизонті. Вони можуть потрапляти до організму тварин і людини з

грунтовим пилом, ґрунтовими водами, з продуктами харчування. На жаль в Україні забруднений нафтопродуктами ґрунт, котрий утворюється в результаті функціонування нафтовидобувних підприємств, неможливо вивезти на певні заводи для відмивання нафтопродуктів, як це можна зробити за кордоном.

У випадку емісій вуглеводнів або їх витоку у навколишнє середовище, ми можемо сподіватися тільки на природу: мікроорганізми і рослини.

Очищення забруднених ґрунтів, вод і повітря за допомогою рослин – перспективний напрямок у США і останнім часом у Європі [27]. В процесі фітореMediaції ґрунтів корені рослин виконують роль джерела органічних речовин, що стимулюють розвиток мікроорганізмів, а ті – руйнують вуглеводні. До того ж, рослини можуть поглинати ряд органічних забруднювачів і переробляти їх в інші, нешкідливі для навколишнього середовища продукти (фітотрансформація). Тобто, треба розглядати фітореMediaцію як екологічно найкращий (природний) спосіб очищення забруднених нафтопродуктами територій. За оцінкою заокеанських експертів фітореMediaція однієї тонни забрудненого ґрунту обходиться в 10–35 доларів, відмивання ґрунту – в 80–200 доларів, екстракція розчинниками – в 360–440 доларів і спалювання – в 200–1500 доларів. Єдиний недолік фітореMediaції – низька швидкість протікання процесів. Втім є всі можливості в підборі відповідних рослин, мікроорганізмів і агротехніки для прискорення цього процесу. Забруднені нафтопродуктами ґрунти можна використовувати для формування ґрунтів штучних полів (полігонів) з наступним вирощуванням сільськогосподарських культур, які прискорять процеси біодеградації вуглеводнів нафти. Продукція, котру будуть одержувати на таких полігонах, дозволить компенсувати деякою мірою витрати.

Можна виділити види, які є добрими фітомеридіантами ґрунтів від нафтопродуктів - на основі літературних даних та аналізу біологічних особливостей сільськогосподарських та інших видів рослин, які здатні

вбирати з ґрунту шкідливі речовини, та з урахуванням ґрунтового-кліматичних умов, що сприятливі для їх вирощення .

Але, маємо пам'ятати, що фіторемедіація – це комплекс технологій. Тому необхідно проводити попередні дослідження для виявлення та попередження всіх небажаних результатів для кожного конкретного експерименту з використанням фітотехнологій. Всі ці технології, методики та процеси є найбільш дешевим та естетично привабливим методом звільнення ґрунтів, підземних і поверхневих вод від забруднення.

В умовах теперішньої економічної ситуації в Україні вони можуть допомогти у вирішенні проблеми оздоровлення навколишнього середовища.

### **2.3.Висновки до розділу**

Таким чином, на основі аналізу проблем техногенного забруднення ґрунтів, зокрема, забруднення їх нафтою і нафтопродуктами, можна зробити висновок, що альтернативними є способи фіторемедіації, які допоможуть прискорити процеси відновлення деградованих ґрунтів. Технологія фітоочищення має багато переваг, якщо взяти до уваги нерозривність і природність взаємозв'язку ґрунту й рослин.

Перевагою фіторемедіації є те, що вона не шкідлива для навколишнього середовища, значно дешевша від фізико-хімічних методів ремедіації та має широку громадську підтримку. Під час фіторемедіації спостерігається менше вторинних забруднень (наприклад, забруднення вод), фізичний і механічний склад ґрунтів не пошкоджується, їхня біологічна активність не знижується, а продуктивність здебільшого залишається сталою. Фіторемедіація найбільш придатна для очищення помірно забруднених ґрунтів, де немає необхідності у повному видаленні забруднень. Достатньо лише зменшити їхню кількість до допустимих значень. Фіторемедіація є екологічно безпечною, тому що не руйнує природну родючість ґрунту, а навпаки, редукує ерозію ґрунту і збільшує його аерацію. Це стимулює

грунтову мікрофлору до розкладання органічних забруднень і сприяє поглинанню рослиною шкідливих речовин (у тому числі нафти і нафтопродуктів).

## РОЗДІЛ 3

### ОЦІНКА ФІТОТОКИСЧНОСТІ СУМІШЕВИХ АВІАЦІЙНИХ ПАЛИВ ІЗ ЗАСТОСУВАННЯМ РОСЛИННИХ ТЕСТЕРІВ

На сьогоднішній день перед світовою авіацією стоять 2 головних питання: як зменшити обсяги забруднення навколишнього середовища, та, як зменшити обсяги використання нафти для виробництва авіаційних палив для ПРД, або яку альтернативу знайти для заміни традиційного авіаційного палива. Щодня в світі спалюється близько 5.5 тис. барелів авіаційних палив для ПРД у день. Запаси нафти в світі з кожним роком стають все менше, а потреби світової авіації збільшуються, з кожним роком це призводить до поступового подорожчання нафти та ціни на авіаційне паливо в цілому. Найближчі роки 10-15 світова авіація буде майже повністю забезпечена паливом, але надалі забезпечувати авіаційну галузь такою кількістю палива буде все складніше.

Можливість використовувати в усьому світі палива для повітряно-реактивних двигунів задовільної якості є однією з основних вимог міжнародної авіації. Сьогодні основні вимоги до палив для ПРД формують Американська спілка випробувань матеріалів (American Society of Test Materials – ASTM), британська специфікація (DERD) та контрольний перелік («Check List»). Найбільш поширене у світі паливо для ПРД має міжнародну назву Aviation Turbine Fuel – Kerosine type (AVTUR) авіаційне газотурбінне паливо типу керосину Jet A-1.

Сучасні палива для цивільної авіації мають задовольняти певні вимоги, такі як економічність, надійність та довговічність роботи авіаційної техніки. А в останні десятиріччя особливої популярності набуває така вимога, як екологічна безпечність палива.

Надійна та довговічна робота літальних апаратів забезпечується таким фракційним складом палива, що підтримує стабільний процес згорання у всіх



режимах роботи двигуна і не призводить до утворення парових пробок у паливній системі під час висотних польотів, якщо паливо та продукти його згорання не справляють шкідливого впливу на деталі паливної системи та двигуна, а також якщо паливо забезпечує надійну роботу двигуна у широкому діапазоні зовнішніх умов (температура, тиск, вологість та ін.).

Утім, реальні палива зазвичай не мають повного комплексу бажаних властивостей. Більш того, поліпшення в процесі виробництва певних характеристик палива може спричинити погіршення комплексу інших його властивостей. Тому в процесі виробництва палив одним з головних завдань є надання їм тих властивостей, що максимально забезпечують потреби найбільш важливих вимог до них.

Серед загальних технічних вимог, що ставляться до палив для ПРД, можна виділити такі основні:

- високий рівень випаровуваності, що забезпечує надійну займистість і повноту згорання палива;
- задовільні низькотемпературні властивості, що забезпечують надійне прокачування палива за від'ємної температури;
- хімічна й термічна стабільність з мінімальною схильністю до утворення відкладень у паливній системі двигуна;
- відсутність негативного впливу на металеві й неметалеві деталі паливних систем двигуна, устаткування для зберігання і транспортування палива;
- добра змашувальна здатність, що виключає підвищене зношування тертьових деталей паливних агрегатів;
- оптимальний рівень електропровідності, що запобігає електризації палива і забезпечує безпеку перекачування та зливально-наливальної операцій з паливом;
- відсутність токсичних компонентів, домішок і присадок, вміст мінімальної кількості сірчистих сполук, що не утворюють екологічно небезпечних продуктів згорання.

Розглядаючи екологічну безпечність палива, слід зазначити, що воно має справляти найменший вплив на навколишнє середовище на всіх етапах його експлуатації (виробництва, транспортування, зберігання, заправки ПС та ін.). Особливої уваги потребує питання викидів продуктів згоряння в атмосферу, їх об'ємами та хімічним складом. Крім того, палива мають бути безпечними та не мати негативного впливу на організм людини.

Охорона навколишнього середовища – одна із стратегічних цілей Міжнародної організації цивільної авіації (ІКАО). Основні вимоги ІКАО щодо забезпечення екологічної безпеки авіації:

1. зменшення негативного впливу глобальної цивільної авіації на навколишнє середовище:
2. обмеження або зменшення кількості людей, що страждають від значного шуму, спричиненого авіаційною діяльністю;
3. обмеження або зменшення впливу авіаційних емісії на якість місцевого повітря;
4. обмеження або зменшення впливу авіаційної емісії парникових газів на глобальний клімат.
5. Адаптація до зміни клімату та стійкість.

Пункт 5 резолюції А39-3 Асамблеї ІКАО постановляє запровадити глобальну схему ринкових заходів (РЗ) у вигляді Схеми компенсацій та скорочення вуглецевих викидів для міжнародної авіації (СORSIA) для розгляду будь-якого щорічного збільшення загальних викидів CO<sub>2</sub> від міжнародної цивільної авіації (тобто польотів цивільної авіації, які відправляються від одної країни і прибувають в іншу країну) вище рівня 2020 року з урахуванням особливих обставин і відповідних можливостей.

Згідно Резолюції Асамблеї ІКАО, середній рівень викидів CO<sub>2</sub> від міжнародної авіації, охоплений схемою в період з 2019 по 2020 рік, є основою для вуглецево-нейтрального зростання з 2020 року, в порівнянні з яким порівнюються викиди в майбутньому. У будь-який рік з 2021 року, коли викиди CO<sub>2</sub> від міжнародної авіації, охоплені схемою, перевищують середні

базові викиди 2019 і 2020 років, ця різниця є компенсуючими потребами сектора в цьому році.

CORSIA впроваджується поетапно, починаючи з участі держав на добровільній основі, з подальшою участю всіх держав, за винятком звільнених. В такий спосіб: експериментальний етап (з 2021 по 2023 рік) і перший етап (з 2024 по 2026 рік) будуть застосовуватися до держав, які добровільно взяли участь в цій схемі, а також другий етап (з 2027 по 2035 рік) буде застосовуватися до всіх держав, які мають індивідуальну частку міжнародної авіаційної діяльності в РТК в 2018 році, що перевищує 0,5% від загальної кількості РТК, або тих у кого сукупна частка в списку держав від найвищої до найнижчої суми РТК досягають 90% від загальної кількості РТК, за винятком найменш розвинених країн (НРС), малих острівних держав, що розвиваються (SIDS) і країн, що розвиваються, які не мають виходу до моря (LLDCs), якщо вони не бажають брати участь у цьому етапі.

Згідно з пунктом 10 резолюції А39-3 Асамблеї ІКАО визначається охоплення схеми на основі маршрутів між державами, маршрут буде охоплюватися схемою, якщо обидві держави, що з'єднують маршрут, беруть участь в схемі, аналогічним чином маршрути не будуть охоплюватися схемою, якщо одна або обидві держави, що з'єднують маршрут, не беруть участі в схемі.

Після того як участь держав і маршрути, що покриваються CORSIA, визначаються в конкретному році з 2021 року і встановлюються відповідні вимогам в даному році (тобто зменшенні викидів понад середньої кількості викидів базової лінії в 2019 і 2020 роках), ці вимоги розподіляються між експлуатантами повітряних суден беручи участь в цій схемі, відповідно до формули, що міститься в пункті 11 резолюції Асамблеї.

Пункт 11 резолюції Асамблеї включає концепцію «динамічного підходу» для розподілу компенсуючих вимог, яка поступово переходить від використання 100-процентного секторального тарифу (і 0% -індивідуально) з 2021 по 2029 рік у бік використання індивідуальної ставки не менше 20

відсотків з 2030 до 2032 року, і щонайменше 70 відсотків від 2033 року до 2035 року. «Секторальний коефіцієнт» являє собою глобальний середній коефіцієнт зростання викидів в міжнародному авіаційному секторі за цей рік, в той час як «індивідуальна ставка» являє собою фактор росту окремих операторів викидів в даному році.

### **3.1. Матеріали та методика проведення досліджень**

Під час розробки метода біотестування та біоіндикації ґрунтів забруднених сумішевим авіаційним паливом, проводили пошук рослин, чутливих до нафтового забруднення і встановлювали залежності між концентрацією авіапалива у ґрунті та морфометричними показниками чутливих фітотестів.

Для експериментальних досліджень у цій роботі використовувалися рослини, які за аналізом літературних джерел найкраще показали себе для біотесту ґрунтів забруднених нафтою: насіння салату «Лолла Росса», редису «Рудольф».

Для досліджень використовували штучно-забруднені сумішевим авіапаливом ґрунти, які готували за наступною схемою: у повітряно-сухий дерново-підзолистий чистий ґрунт, просіяний через сито з отворами 1 мм, вносили авіапаливо марки РТ (виробник «УКРТАТНАФТА», м. Кременчук), біопаливо на основі ріпаку і на основі рижію та сумішеві авіапалива (РТ + біопаливо на основі етилових естерів ріпаку (ЕЕРП), РТ + біопаливо на основі етилових естерів рижію (ЕЕРЖ)). Досліди проводилися у лабораторії Альтернативних моторних палив Національного авіаційного Університету м. Київ.

Для експериментальних досліджень у цій роботі використовувалися насіння салату «Лолла Росса», редису «Рудольф».

Під час висадки: горщик №1 поливали водною емульсією з концентрацією 5% біопалива, №2 – водною емульсією з концентрацією 10%

біопалива, №3 – водною емульсією з концентрацією 5% (50×50 авіапаливо РТ-біопаливо), №4 – водною емульсією з концентрацією 10% (50×50 авіапаливо РТ-біопаливо), №5 – водною емульсією з концентрацією 5% (30×70 авіапаливо РТ-біопаливо), №6 – водною емульсією з концентрацією 10% (30×70 авіапаливо РТ-біопаливо), №7 – водною емульсією з концентрацією 5% авіапаливо РТ, №8 – водною емульсією з концентрацією 10% авіапаливо РТ.

Контрольним зразком був зразок ґрунту, який поливали чистою водою. Експеримент проводили 15 днів. Після інкубації фіксували кількість пророслих насінин, і через кожен день вимірювали висоту стебел.

Далі все описане вище було повторено з насінням редису.

Під час пророщення рослин-тестерів заміряли штангенциркулем довжину кореня, висоту пагона, їх відносні величини. Фіксували ріст рослин за днями пророщення.

### **3.2. Результати впливу різних концентрацій авіапаливо РТ та біопалив на показники росту рослин**

#### **3.2.1. Вплив різних концентрацій біопалив на ріст салату «Лолла Росса» та редису «Рудольф»**

Нами було проведено оцінку токсичності ґрунтів забруднених різними видами палив методами фітотестування. Встановлено лінійну залежність між пригніченням росту коренів і пагонів досліджуваних фітотестів та ступенем забруднення. Для оцінки токсичності ми пророщували насіння різних видів -- салату «Лолла Росса» та редису «Рудольф» на ґрунтах, забруднених біопаливом у концентрації 50 та 100мл на 1000 мл води.

В даному розділі описується зміна росту салату «Лолла Росса» та редису«Рудольф» під впливом різних концентрацій біопалив.



Концентрація біопалива 50  
мл на 1000 мл води

Концентрація біопалива  
100 мл на 1000 мл води

3 день росту



Концентрація біопалива 50 мл на  
1000 мл води

Концентрація біопалива  
100 мл на 1000 мл води

6 день росту



Концентрація біопалива 50 мл на 1000 мл води

Концентрація біопалива 100 мл на 1000 мл води

11 день росту



Концентрація біопалива 50 мл на 1000 мл води

Концентрація біопалива 100 мл на 1000 мл води

15 день росту

Рис. 3.1. Вплив біопалива на основі етилових естерів ріпаку на ріст салату «Лолла Росса» та редису «Рудольф»

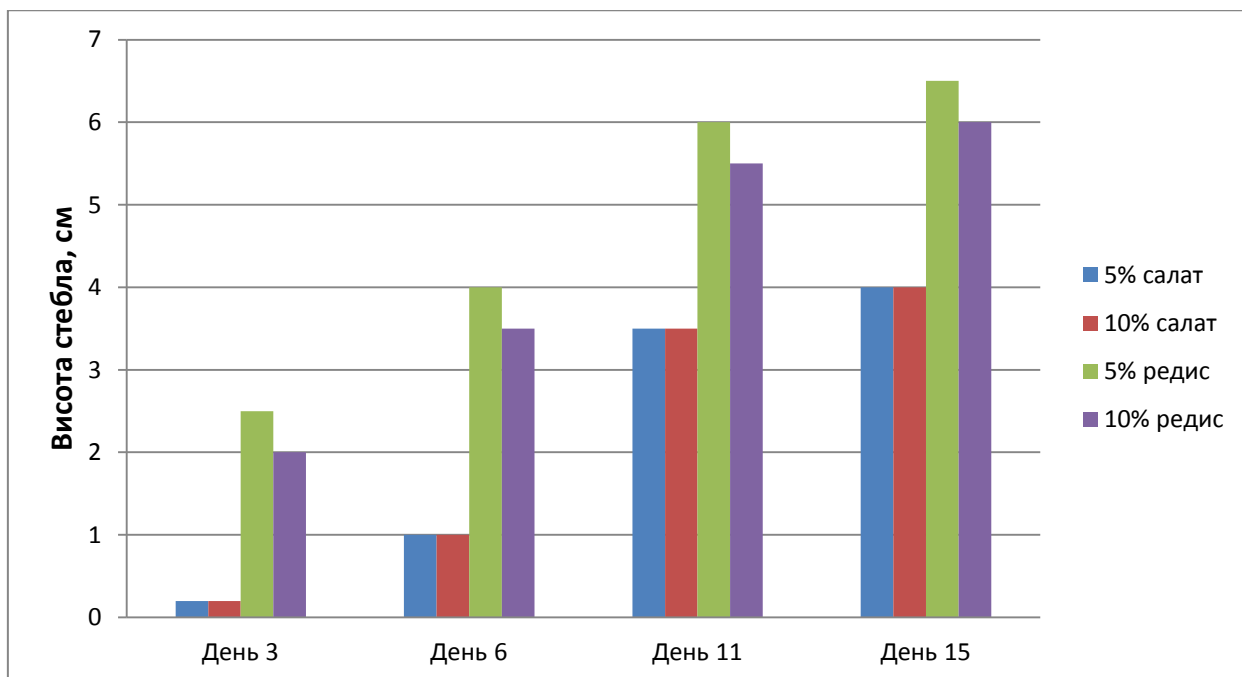


Рис. 3.2. Вплив біопалива на основі етилових естерів ріпаку на ріст салату «Лолла Росса» та редису «Рудольф»

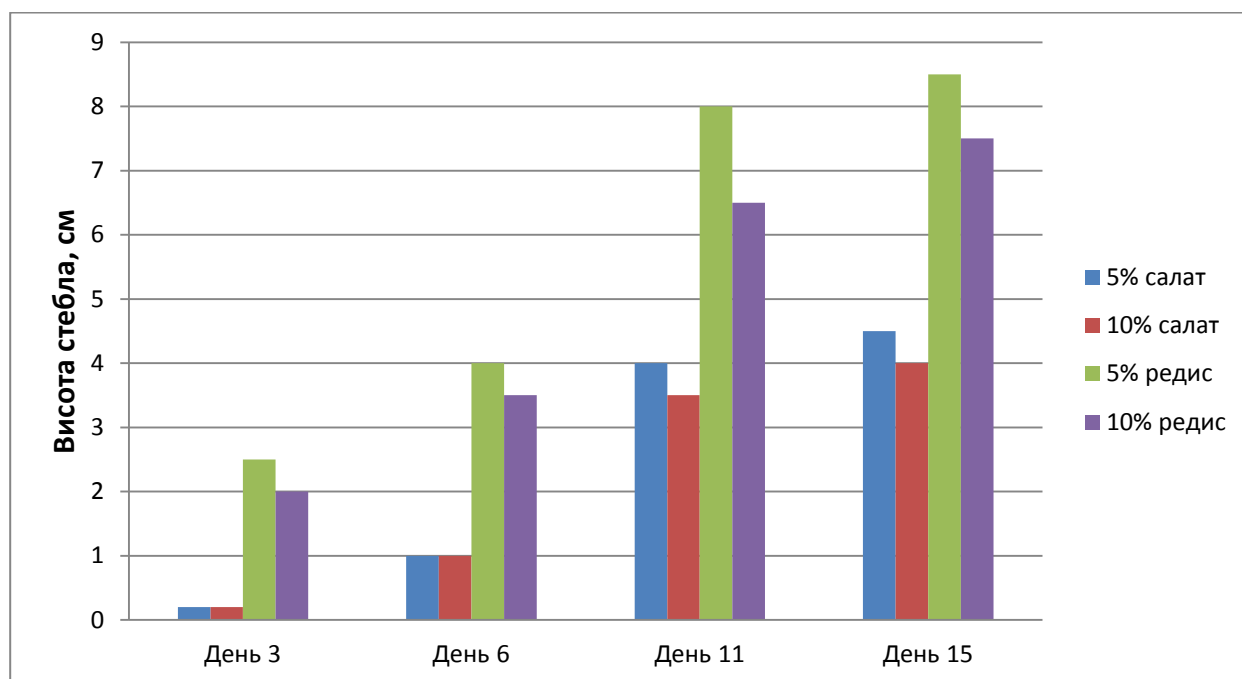


Рис. 3.3. Вплив біопалива на основі етилових естерів ріжю на ріст салату «Лолла Росса» та редису «Рудольф»

Із рис. 3.1., рис 3.2. та рис. 3.3 видно, що додавання біопалива в різній кількості впливає на ріст салату «Лолла Росса» та редису «Рудольф». Для



досліді використовувались такі концентрації бензину: 50 і 100 мл на 1000 мл води.

Із графіку можна зробити висновок, що при збільшенні концентрації біопалива, ріст рослини дещо збільшується. При додаванні біопалив помітне прискорення росту і проростання стеблин. На 3 день висота стеблин салату политого концентрацією 50 мл – 0,2 см, висота стеблин редису политого концентрацією 50 мл – 2,5 см; висота стеблин салату политого концентрацією 100 мл – 0,2см, висота стеблин редису политого концентрацією 100 мл – 2 см. На 6 день висота стеблин салату политого концентрацією 50 мл – 1 см, висота стеблин редису политого концентрацією 50 мл – 4 см; висота стеблин салату политого концентрацією біопалива 100 мл – 1см, висота стеблин редису политого концентрацією 100 мл – 3,5 см. На 11 день висота стеблин салату политого концентрацією 50 мл – 3,5 см, висота стеблин редису политого концентрацією 50 мл – 6 см; висота стеблин салату политого концентрацією 100 мл – 3,5 см, висота стеблин редису политого концентрацією 100 мл – 5,5 см. На 15 день висота стеблин салату политого концентрацією 50 мл – 4 см, висота стеблин редису политого концентрацією 50 мл – 6,5 см; висота стеблин салату политого концентрацією 100 мл – 4 см, висота стеблин редису политого концентрацією 100 мл – 6 см. При додаванні 50 і 100 мл біопалива ми бачимо, що ріст рослин прискорюється, тобто, біопаливо працює як стимулятор.

У загальному видно, що біопаливо на основі етилових естерів жирних кислот ріпакової олії є більш токсичним для рослинного покриву, порівняно з біопаливом на основі етилових естерів жирних кислот рижієвої олії.

### 3.2.2. Вплив різних концентрацій суміші авіапаливо РТ-біопаливо (50X50) на ріст салату «Лолла Росса» та редису «Рудольф»

Для оцінки токсичності ми пророщували насіння різних видів -- салату «Лолла Росса» та редису «Рудольф» на ґрунтах, забруднених сумішшю

авіапаливо РТ-біопаливо (50X50) у концентрації 50 та 100 мл на 1000 мл води.

В даному розділі описується зміна росту салату «Лолла Росса» та редису «Рудольф» під впливом різних концентрацій суміші авіапаливо РТ-біопаливо (50X50).

Із рис. 3.4., рис. 3.5 та рис. 3.6 видно, як суміш авіапаливо РТ-біопаливо (50X50) впливає на ріст салату «Лолла Росса» та редису «Рудольф».

Дивлячись на графік можна зробити висновок, що при збільшенні концентрації суміші авіапаливо РТ-біопаливо (50X50), ріст рослини істотно не змінюється. На 3 день висота стеблин салату политого концентрацією 50 мл складала – 0,2 см, висота стеблин редиса политого концентрацією 50 мл – 1 см; висота стеблин салату политого концентрацією 100 мл складала – 0 см, висота стеблин редису политого концентрацією 100 мл – 2 см. На 6 день висота стеблин салату политого концентрацією 50 мл складала – 0,5 см, висота стеблин редису политого концентрацією 50 мл – 3 см; висота стебла салату политого концентрацією 100 мл складала – 0,2 см, висота стебла редису политого концентрацією 100 мл – 3,5 см. На 11 день висота стеблин салату политого концентрацією 50 мл складала – 2 см, висота стеблин редису политого концентрацією 50 мл – 4,5 см; висота стеблин салату политого концентрацією 100 мл складала – 1 см, висота стеблин редису политого концентрацією 100 мл – 4,5 см. На 15 день висота стеблин салату политого концентрацією 50 мл складала – 3 см, висота стеблин редису политого концентрацією 50 мл – 5 см; висота стеблин салату политого концентрацією 100 мл складала – 1,2 см, висота стеблин редису политого концентрацією 100 мл – 4,7 см.



3 день росту



Водна емульсія з  
концентрацією 5% (50X50  
авіапаливо РТ-біопаливо)

Водна емульсія з  
концентрацією 10% (50X50  
авіапаливо РТ-біопаливо)

6 день росту



Водна емульсія з  
концентрацією 5% (50X50  
авіапаливо РТ-біопаливо)

Водна емульсія з  
концентрацією 10% (50X50  
авіапаливо РТ-біопаливо)

11 день росту



Водна емульсія з концентрацією  
5% (50X50 авіапаливо РТ-

Водна емульсія з концентрацією  
10% (50X50 авіапаливо РТ-

15 день росту

Рис. 3.4. Вплив суміші авіапаливо РТ-біопаливо на основі етилових естерів рижію (50X50) на ріст салату «Лолла Росса» та редису «Рудольф»

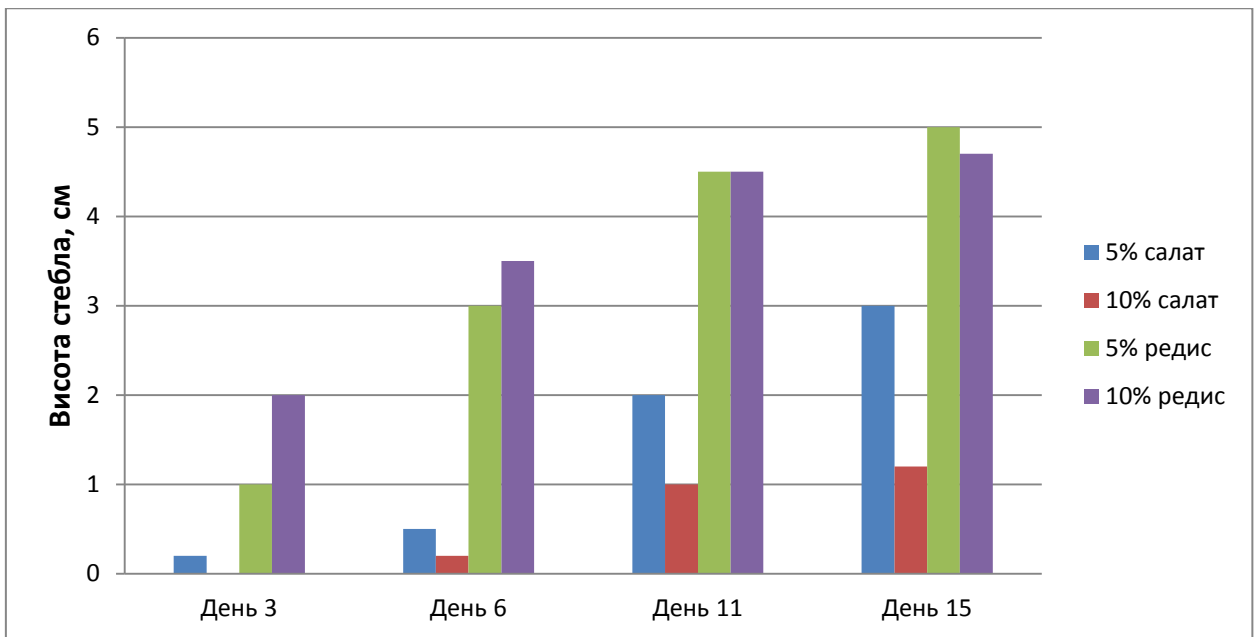


Рис. 3.5. Залежність впливу суміші авіапаливо РТ-біопаливо ЕЕРП (50X50) на висоту росту салату «Лолла Росса» та редису «Рудольф»

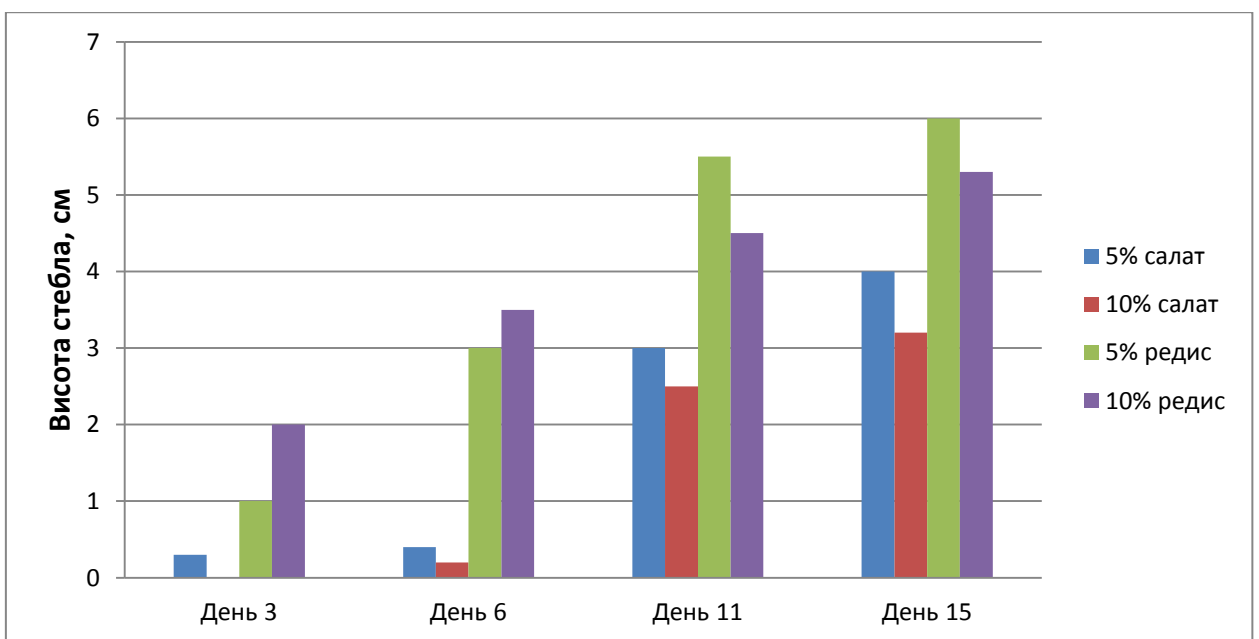


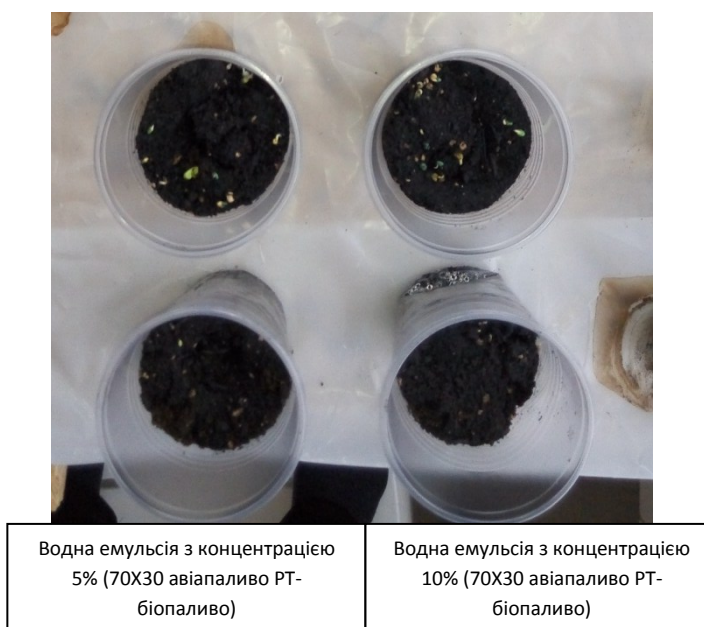
Рис. 3.6. Залежність впливу суміші авіапаливо РТ-біопаливо ЕЕРЖ (50X50) на висоту росту салату «Лолла Росса» та редису «Рудольф»

У порівнянні з пробами, які були политі різними концентраціями біопалив, проби даного експерименту мають висоту стеблин дещо пригнічену. Це пояснюється тим, що біопаливо виступає, як добриво (стимулятор), а авіапаливо РТ пригнічує ріст рослин. І, оскільки,

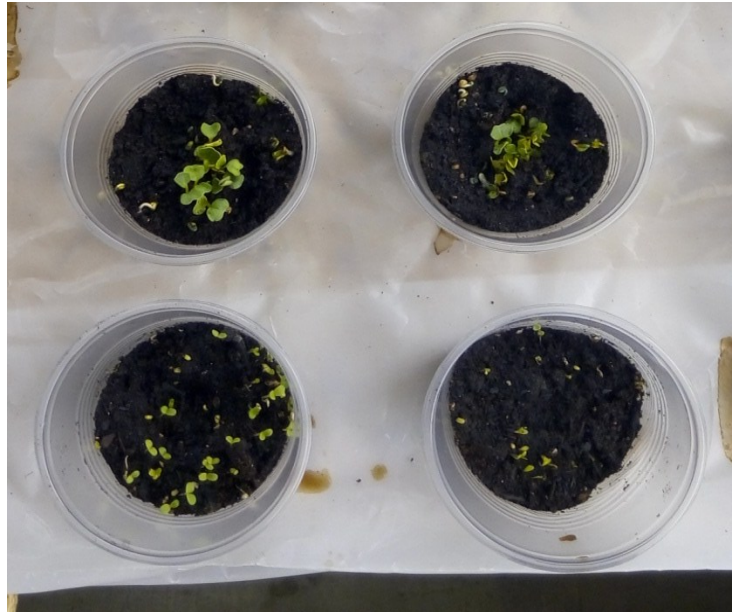
співвідношення авіапаливо РТ-біопаливо було 50Х50, то ріст рослин істотно не змінився.

### 3.2.3. Впив різних концентрацій суміші авіапаливо РТ-біопаливо (70Х30) на ріст салату «Лолла Росса» та редису «Рудольф»

В даному розділі описується зміна росту салату «Лолла Росса» та редису «Рудольф» під впливом різних концентрацій суміші авіапаливо РТ-біопаливо (70Х30).



3 день росту



Водна емульсія з концентрацією 5%  
(70X30 авіапаливо РТ-біопаливо)

Водна емульсія з концентрацією  
10% (70X30 авіапаливо РТ-

6 день росту



Водна емульсія з  
концентрацією 5% (70X30  
авіапаливо РТ-біопаливо)

Водна емульсія з  
концентрацією 10% (70X30  
авіапаливо РТ-біопаливо)

11 день росту



Водна емульсія з концентрацією 5%  
(70X30 авіапаливо РТ-біопаливо)

Водна емульсія з концентрацією 10%  
(70X30 авіапаливо РТ-біопаливо)

15 день росту

Рис. 3.7. Залежність впливу суміші авіапаливо РТ-біопаливо ЕЕРП (70X30) на висоту росту салату «Лолла Росса» та редису «Рудольф»

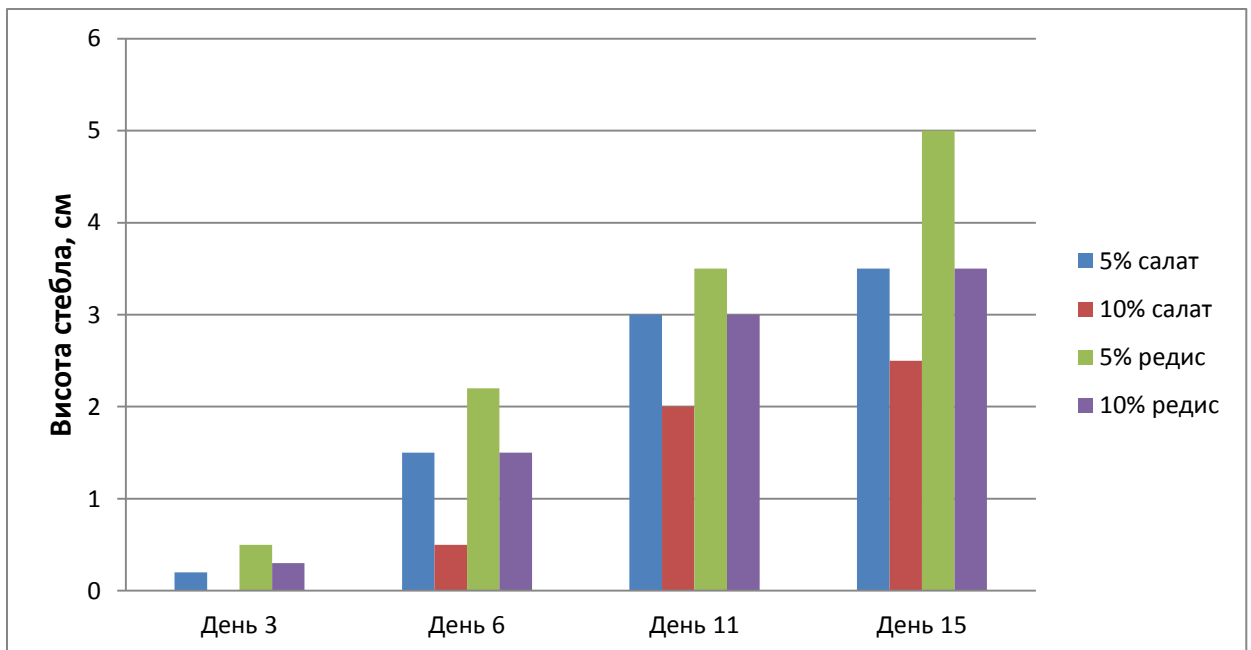


Рис.3.8. Залежність впливу суміші авіапаливо РТ-біопаливо ЕЕРП (70X30) на висоту росту салату «Лолла Росса» та редису «Рудольф»



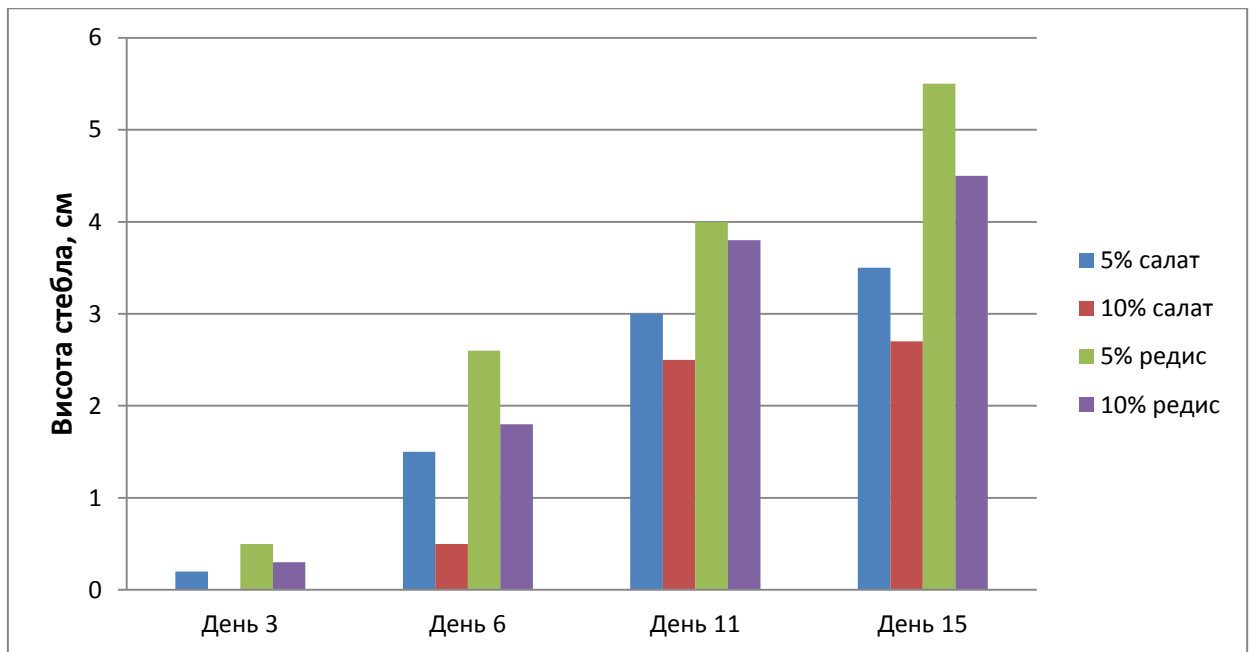


Рис. 3.9. Залежність впливу суміші авіапаливо РТ-біопаливо ЕЕРЖ (70Х30) на висоту росту салату «Лолла Росса» та редису «Рудольф»

Із рис. 3.7, рис 3.8. та рис. 3.9 ми можемо простежити як додавання суміші авіапаливо РТ-біопаливо (70Х30) в різних концентраціях (50 та 100 мл на 1000 мл води) впливає на ріст салату «Лолла Росса» та редису «Рудольф».

При додаванні 50 і 100 мл суміші авіапаливо РТ-біопаливо(70Х30) на 1000 мл води помітне сповільнення росту і проростання стеблин. На 3 день висота стеблин салату политого сумішшю концентрацією 50 мл складала – 0,2 см, висота стеблин редису политого сумішшю концентрацією 50 мл – 0,5 см; висота стеблин салату политого сумішшю концентрацією 100 мл складала – 0 см, висота стеблин редису политого сумішшю концентрацією 100 мл – 0,3 см. На 6 день висота стеблин салату политого сумішшю концентрацією 50 мл складала – 1,5 см, висота стеблин редису политого сумішшю концентрацією 50 мл – 2,2 см; висота стеблин салату политого сумішшю концентрацією 100 мл складала – 0,5 см, висота стеблин редису политого сумішшю концентрацією 100 мл – 1,5 см. На 11 день висота стеблин салату политого сумішшю концентрацією 50 мл складала – 3 см,

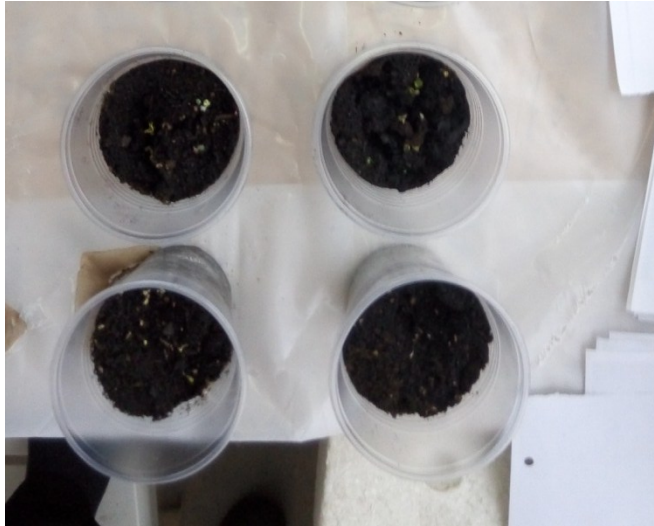
висота стеблин редису политого сумішшю концентрацією 50 мл – 3,5 см; висота стеблин салату политого сумішшю концентрацією 100 мл складала – 2 см, висота стеблин редису политого сумішшю концентрацією 100 мл – 3 см. На 15 день висота стеблин салату политого сумішшю концентрацією 50 мл складала – 3,5 см, висота стеблин редису политого сумішшю концентрацією 50 мл – 5 см; висота стеблин салату политого сумішшю концентрацією 100 мл складала – 2,5 см, висота стеблин редису политого сумішшю концентрацією 100 мл – 3,5 см. Як бачимо при додаванні 50 та 100 мл суміші 70X30 авіапаливо РТ-біопаливо ЕЕРП рослини мають дещо гіршу динаміку росту, ніж при додаванні 50 та 100 мл суміші 70X30 авіапаливо РТ-біопаливо ЕЕРЖ. Це можна спробувати пояснити тим, що біопаливо на основі ЕЕ рижію є менш токсичним, порівняно з добавками біопалива на основі ЕЕ ріпаку.

#### 3.2.4. Вплив різних концентрацій авіапалива РТ на ріст салату «Лолла Росса» та редису «Рудольф»

В даному розділі описується зміна росту салату «Лолла Росса» та редису «Рудольф» під впливом різних концентрацій (50 та 100 мл на 1000 мл води) авіапалива марки РТ.

На рис. 3.10 та рис. 3.11 показано, як авіапаливо РТ впливає на ріст салату «Лолла Росса» та редису «Рудольф». Для дослідів використовувались такі концентрації авіапалива РТ: 50 та 100 мл на 1000 мл води.

Із графіків можна зробити висновок, що при збільшенні концентрації авіапалива РТ, ріст рослини зменшується, а при додаванні авіапалива РТ концентрацією 100 мл рослини майже не вирости.



Водна емульсія з концентрацією 50 мл  
авіапалива РТ на 1000 мл води

Водна емульсія з концентрацією 100 мл  
авіапалива РТ на 1000 мл води

3 день росту



Водна емульсія з концентрацією 50 мл  
авіапалива РТ на 1000 мл води

Водна емульсія з концентрацією 100  
мл авіапалив РТ на 1000 мл води

6 день росту



Водна емульсія з концентрацією 50 мл авіапалива РТ на 1000 мл води

Водна емульсія з концентрацією 100 мл авіапалива РТ на 1000 мл води

11 день росту



Водна емульсія з концентрацією 50 мл авіапалива РТуна 1000 мл води

Водна емульсія з концентрацією 100 мл авіапалива РТ на 1000 мл води

15 день росту

Рис. 3.10. Вплив авіапалива марки РТ на ріст салату «Лолла Росса» та редису «Рудольф»

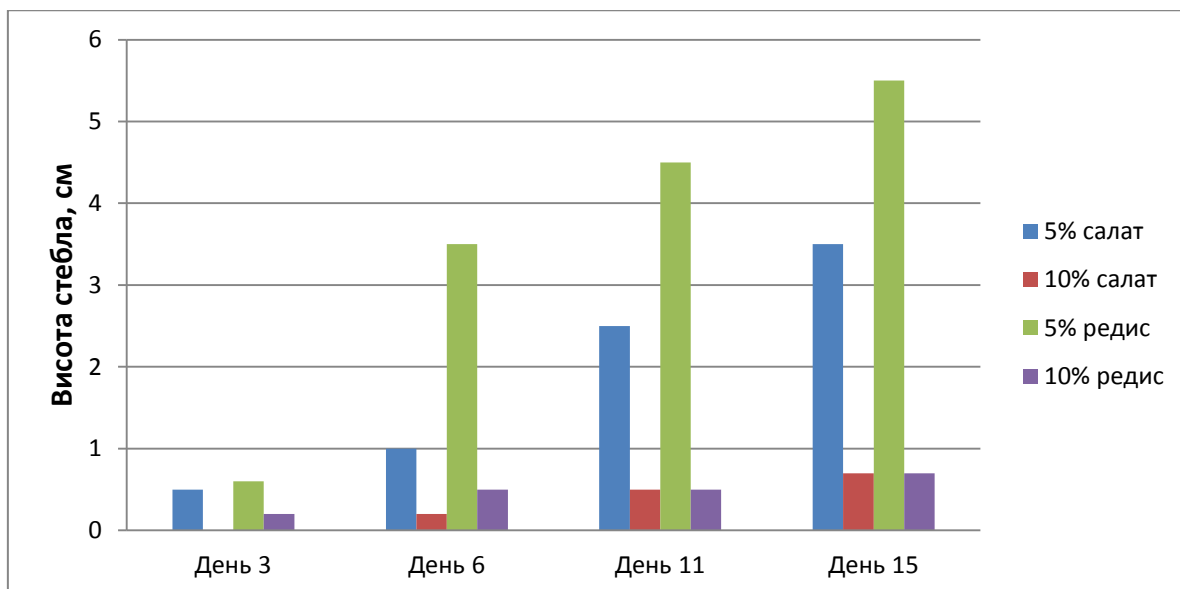


Рис. 3.11. Залежність впливу авіапалива марки РТ на висоту росту салату «Лолла Росса» та редису «Рудольф»

На 3 день висота стеблин салату политого концентрацією 50 мл складала – 0,5 см, редису политого концентрацією 50 мл – 0,6 см; висота стеблин салату политого концентрацією 100 мл складала – 0 см, висота стеблин редису политого концентрацією 100 мл – 0,2 см. На 6 день висота стеблин салату политого концентрацією 50 мл складала – 1 см, висота стеблин редису политого концентрацією 50 мл – 3,5 см; висота стеблин салату политого концентрацією 100 мл складала – 0,2 см, висота стеблин редису политого концентрацією 100 мл – 0,5 см. На 11 день висота стеблин салату политого концентрацією 50 мл складала – 2,5 см, висота стеблин редису политого концентрацією 50 мл – 4,5 см; висота стеблин салату политого концентрацією 100 мл складає – 0,5 см, висота стеблин редису политого концентрацією 100 мл – 0,5 см. На 15 день висота стеблин салату политого концентрацією 50 мл складала – 4,5 см, висота стеблин редису политого концентрацією 50 мл – 5,5 см; висота стеблин салату политого концентрацією 100 мл складала – 0,7 см, висота стеблин редису политого концентрацією 100 мл – 0,6 см.

### 3.3. Висновки до розділу

Для одержання кількісних характеристик впливу забруднювачів ми визначили залежність між реакцією рослини на стресовий фактор і дозою фактора. Для цього зіставляли відповідні параметри (схожість, довжину кореня тощо) з відповідними дозами (концентраціями) фактора з отриманням залежності «доза-ефект» («концентрація- ефект»), на основі яких побудували калібрувальні графіки.

Нами виявлено, що при додаванні авіапалива РТ концентрацією 50 мл довжина стебла салату «Лолла Росса» та редису «Рудольф» залишились майже тотожними пробам, які ми поливали концентраціями 70X30 авіапалива РТ-біопаливо і зменшилася в порівнянні із пробами, які ми поливали концентраціями 50 мл біопаливо і 50 мл авіапалива РТ-біопаливо 50X50.

При поливанні рослин 100 мл авіапалива РТ пригнічення росту стебла відбувалось більш помітно. У порівнянні з пробами, які були політі концентрацією 100 мл авіапалива РТ-біопаливо (70X30), рослини, політі концентрацією 100 мл авіапалива РТ мали вдвічі меншу висоту стебла, у порівнянні з пробами, політими концентраціями 100 мл біопалива і 100 мл біопаливо-авіапаливо РТ (50X50), рослини, політі концентрацією 100 мл авіапалива РТ мали у 4-6 разів меншу висоту стебла.

У результаті проведених досліджень виявлено специфічність і чутливість фітотестів (салат «Лолла Росса» та редис «Рудольф»), що вказує на можливість їхнього використання для оцінки токсичності нафтозабруднених ґрунтів.

## РОЗДІЛ 4

### ОХОРОНА ПРАЦІ

#### **4.1. Небезпечні та шкідливі виробничі фактори при роботі в хімічній лабораторії**

Відповідно до ГОСТ 12.0.003-74 небезпечні і шкідливі виробничі фактори, підрозділяються за своєю дією на наступні групи: фізичні, хімічні, біологічні, психофізіологічні.

Небезпечними та шкідливими факторами при роботі в лабораторії є:

- підвищена температура повітря робочої зони;
- підвищений рівень іонізуючих випромінювань в робочій зоні;
- підвищене значення напруги в електричному ланцюзі, замикання якого може пройти крізь тіло людини;
- підвищений рівень електромагнітних випромінювань;
- підвищена яскравість світла;
- робота з токсичними речовинами, які проникають в організм людини через шкіряний покрив і слизові оболонки [25].

Підвищена температура повітря в робочій зоні – шкідливий фактор, що виникає при віддачі нагрітими частинами обладнання тепла у повітря приміщення, де працюють лаборанти. Внаслідок цього у людей погіршується тепловіддача тіла, підвищується втомлюваність, виникають розлади серцево-судинної та нервової системи.

Показники температури повітря в робочій зоні по висоті та по горизонталі, а також протягом робочої зміни не повинні виходити за межі нормованих величин оптимальної температури для даної категорії робіт.

Посада лаборанта відноситься до категорії робіт *Iб* – легка – роботи, що виконуються сидячи, стоячи, або пов'язані з ходьбою, але не потребують систематичного напруження або підіймання та перенесення вантажів.

Відповідно до ДСН 3.3.6.042-99, оптимальні норми температури для категорії Іб становлять 21 – 23 °С. А у лабораторії температура становить 25 °С[24] .

Іонізуючі випромінювання являють собою  $\alpha$ -,  $\beta$ -,  $\gamma$ -випромінювання, випущені радіоактивними ізотопами при їх самодовільному (спонтанному) розпаду; потоки заряджених частинок (електронів, протонів, дейтронів та ін.), прискорених до великих енергій у спеціальних прискорювачах; потоки вторинних випромінювань (рентгенівських і  $\gamma$ -променів, протонів, нейтронів, дейтронів,  $\alpha$ -частинок та ін.), виникаючих при взаємодії радіоактивних випромінювань і штучно прискорених заряджених частинок із речовиною.

У лабораторії джерелами іонізуючого випромінювання є: радіонукліди та прилади опромінення дослідних об'єктів, а саме: гамма-установка "Рокус". У результаті дії іонізуючого випромінювання на організм людини відбувається порушення нормального протікання біохімічних реакцій та обмін речовин в організмі.

Важливим небезпечним фактором є підвищене значення напруги в електричному ланцюзі, замикання якого може пройти крізь тіло людини. В лабораторії використовується електричний ланцюг змінного трифазного струму з величиною напруги 220 В та 380 В. Може відбутися замикання цього ланцюга крізь тіло людини внаслідок випадкового дотику до відкритих струмопровідних частин, наприклад у разі пробою ізоляції, обриву, перетирання проводок та замикання на корпус. Таке може виникнути при роботі з обчислювальними системами і проведенні налагоджувальних і профілактичних робіт. Також небезпека ураження електричним струмом виникає від провідників, що знаходяться під струмом [5,6].

При роботі в лабораторії працівник потрапляє під дію підвищеного рівня електромагнітних випромінювань. Збільшують їх негативну дію випромінювання пристрої – комп'ютер, гамма - установка "Рокус", гамма - спектрометр СЕГ-05, термостат, центрифуга.

Освітлення приміщення має важливе значення для виконання всіх видів робіт. Світло є важливим стимулятором не тільки здорового



аналізатора, але й організму в цілому. Підвищена яскравість світла призводить до зниження рівня збудженості центральної нервової системи і активність усіх життєвих процесів.

Штучне освітлення є головним джерелом підвищеної яскравості світла в лабораторії. Там використовуються люмінесцентні лампи для покращення процесу росту рослин. Світлова віддача цих ламп складає 30...80 лм/Вт.

Особливістю роботи в лабораторії є постійний контакт працівників з радіоактивними речовинами та важкими металами, які є токсичними для організму людини. При необережному поводженні радіонукліди можуть стати причиною захворювань людей, що там працюють. Найпоширеніший шлях проникнення в організм людини через шкіряний покрив та слизові оболонки [7].

Негативний вплив всіх цих факторів триває на протязі робочого дня працівників лабораторії.

#### **4.2. Технічні та організаційні заходи для зменшення рівня впливу небезпечних та шкідливих виробничих факторів при роботі в хімічній лабораторії**

В лабораторії виникає необхідність виконувати відповідні заходи, які усувають або знижують вплив на працівника небезпечних і шкідливих факторів.

Для того, щоб позбутися підвищеної температури повітря в робочій зоні необхідно поставити вентиляційні установки біля апаратів та механізмів, що найбільше нагріваються (уварювачі та інші). Можна також застосовувати спеціальні теплообмінники.

До засобів індивідуального захисту робітників, які працюють з відкритими джерелами іонізуючого випромінювання відноситься спецодяг, що запобігає від радіоактивних забруднень і захищає робітників від випромінювань. До такого спецодягу відноситься: халати із білої бавовняно-

паперової тканини, капелюшки, гумові рукавички, капці і засоби для захисту органів дихання. Також захист може здійснюватись шляхом використання наступних принципів:

- скорочення часу роботи з джерелом іонізуючого випромінювання;
- віддалення робочого місця від джерела іонізуючого випромінювання;
- екранування джерела іонізуючого випромінювання [6] .

Для забезпечення електробезпеки в лабораторії, потрібно застосовувати окремо або в поєднанні один з одним такі технічні способи та засоби:

- захисне заземлення;
- занулення;
- захисне відключення;
- ізоляцію струмопровідних частин (робоча, додаткова, посилена, подвійна);
- компенсацію струмів замикання на землю;
- захисні пристрої;
- попереджувальну сигналізацію, блокування, знаки безпеки;
- засоби захисту й запобіжне пристосування [6].

Для забезпечення безпеки під час проведення робіт зі зняттям напруги в діючих електроустановках або поблизу них мають виконуватися такі технічні заходи:

- відключення установки (частини установки) від джерела живлення електроенергією;
- механічне замикання приводів, відключення комутаційних апаратів, зняття запобіжників, роз'єднання кінців живильних ліній та інші заходи, що забезпечують неможливість помилкової подачі напруги до місця роботи;
- установка знаків безпеки й обгороджування струмопровідних частин, що залишаються під напругою, до яких у процесі роботи можна торкнутися або наблизитися на неприпустиму відстань;
- накладання заземлень;

– огороження робочого місця і установка приписаних знаків безпеки.

Для захисту людей від ураження електричним струмом при пошкодженні ізоляції застосовується захисне занулення. Зануленню підлягають всі металеві частини електрообладнання, які не ведуть струм, металеві корпуси щитків розподілення, сталеві труби електропроводок, металеві опори освітлення. Опір пристрою заземлення, призначеного для відводу зарядів статичної електрики, не повинний перевищувати 100 Ом.

Захист від електромагнітного випромінювання здійснюється декількома шляхами:

– захист часом – треба планувати роботу за персональним комп'ютером так, щоб обов'язково була перерва через кожні 20 хвилин роботи;

– зменшення потужності випромінювання – можна здійснити за рахунок нанесення спеціального захисного шару на екран, або встановленням захисного екрану [7].

З метою профілактики несприятливого впливу електромагнітних випромінювань від комп'ютера на користувача необхідно:

– встановити на робочому місці монітор, що відповідає сучасним вимогам стосовно захисту від випромінювання;

– не концентрувати на робочому місці великої кількості радіоелектронних пристроїв;

– вимикати екран, якщо на ньому не працюють, але знаходяться неподалік.

У приміщеннях з підвищеною яскравістю світла необхідно передбачити обмеження прямих відблисків від джерел природного та штучного освітлення та обмеження відбитих відблисків на робочих поверхнях (екран, стіл, клавіатура). Яскравість світлових поверхонь (вікна, джерела штучного освітлення тощо), що розташовані в полі зору, не повинна перевищувати 200  $кд/м^2$ . Яскравість відблисків на екрані комп'ютера не повинна перевищувати 40  $кд/м^2$ , а яскравість стелі при

застосуванні системи відбитого освітлення не повинна перевищувати  $200 \text{ кд/м}^2$ . Захистом від прямих відблисків повинно бути зниження яскравості видимої частини джерел світла шляхом застосування спеціальних розсіювачів, відбивачів та інших світлозахисних пристроїв, а також правильне розміщення робочих місць відносно джерел світла; від відбитих відблисків – правильне розміщення предметів, використання матових поверхонь у приміщенні [5].

Робота з токсичними речовинами передбачає виконання наступних вимог безпеки:

- під час роботи слід точно дотримуватись порядку і послідовності операцій, вказаних у відповідних методичних вказівках;
- тара з реактивами загального користування повинна знаходитись на визначеному місці;
- працювати слід обережно, без зайвої квапливості, не проливати і не просипати реактиви. Надлишки реактивів забороняється зсипати назад у тару з чистими реактивами;
- при роботі з токсичними речовинами або такими, що мають неприємний запах, необхідно включати вентиляцію;
- використовувати реактиви в такій кількості та такому хімічному посуді і приладах, як це вказано у відповідних методичних вказівках;
- категорично забороняється пити воду з хімічного посуду;
- під час нагрівання рідин та твердих речовин забороняється нахилитись над тарою та обладнанням, щоб уникнути нещасного випадку в разі можливого викиду нагрітої речовини;
- при роботі з речовинами необхідно одягати спеціальні респіратори, спецодяг;
- на робочому місці категорично забороняється вживати їжу, пити воду, курити. Після закінчення роботи необхідно як слід вимити руки;

– по закінченню роботи необхідно привести в порядок своє робоче місце[8].

### **4.3. Забезпечення пожежної та вибухової безпеки при роботі в хімічній лабораторії**

Причинами виникнення пожежної та вибухової небезпеки є:

– невірне влаштування, несправність або порушення режимів роботи опалювальних систем, електрообладнання, вентиляційних систем, технічного обладнання в лабораторії;

– самозапалення і самозаймання матеріалів при невірному їхньому зберіганні;

– розряди статичної виробничої електрики;

– необережне поводження з вогнем [25] .

До небезпечних факторів пожежі відносяться:

– відкритий вогонь чи іскри;

– підвищена температура повітря, предметів і т.п.;

– токсичні продукти горіння;

– дим (високодисперсна аерозоль із твердими частками);

– знижена концентрація кисню;

– вибух.

При експлуатації електро-обчислювальних машин можливі виникнення таких аварійних ситуацій в хімічній лабораторії:

– короткі замикання;

– перевантаження;

– виникнення струмів витоку.

При виникненні аварійних ситуацій відбувається різке виділення теплової енергії, яка може стати причиною виникнення пожежі.

Пожежно-профілактична робота – сукупність заходів організаційного і агітаційно-масового, будівельно-технічного і експлуатаційного характеру, а також спеціальних пожежно-технічних заходів.

Організаційні протипожежні заходи включають:

- розробку плану пожежної безпеки і його практичне виконання в лабораторії;
- призначення відповідальних осіб за пожежну безпеку в лабораторії;
- розробку правил і інструкцій про заходи пожежної безпеки в лабораторії;
- здійснення повсякденного контролю, за дотриманням правил і виконанням вимог інструкцій про заходи пожежної безпеки в лабораторії;
- організацію і проведення пожежно-профілактичної підготовки працівників лабораторії.

Заходи пожежної та вибухової безпеки – це комплекс технічних і організаційних заходів, направлених на попередження і локалізацію запалень, вибухів, пожеж. Вони встановлені згідно з відповідними стандартами (ГОСТ 12.1.004-91, ГОСТ 12.1.010-76).

Для забезпечення пожежної та вибухової безпеки в лабораторії необхідні наступні заходи:

- заходи, що усувають безпосередні чи можливі причини пожеж та вибухів (ведення технологічного процесу з урахуванням його пожежної та вибухової небезпеки, правильний вибір електрообладнання, вентиляції, опалення);
- заходи направлені на локалізацію (обмеження розмірів і розповсюдження) можливих пожеж та вибухів;
- заходи, що забезпечують безпечну евакуацію людей і майна з лабораторії, що горить;

– заходи направлені на успішне розгортання дій по гасінню пожежі в лабораторії (пожежний зв'язок, засоби сповіщення і пожежогасіння, достатня навченість персоналу)[24].

На випадок пожежі передбачено:

– організаційні заходи щодо пожежної безпеки відповідно до вимог Правил пожежної безпеки в Україні;

– заземлення електрообладнання при напрузі понад 380В, а також обладнання та механізми, які можуть виявитися під напругою;

– загальнообмінна примусова вентиляція, а місця можливого накопичення шкідливих хімічних речовин - місцевими відсмоктувачами. Експлуатація, технічне обслуговування, планові огляд і ремонт, а також періодичні технічні випробування систем вентиляції повинні проводитись відповідно до вимог Правил з безпечної експлуатації систем вентиляції у лабораторії;

– пожежний зв'язок і сигналізація. Вони грають важливу роль у заходах для попередження пожеж, сприяють своєчасному їх виявленню і виклику пожежних підрозділів до місця пожежі, а також забезпечують оперативне керівництво роботами на пожежі;

– дотримання протипожежного режиму та оснащення лабораторії первинними засобами пожежогасіння[25].

#### **4.4. Розрахунок природного освітлення хімічної лабораторії**

Розрахунок природного освітлення полягає у визначенні площі світлових отворів за формулою:

$$100 \frac{S_B}{S_{II}} = \frac{e_H \cdot \eta_B \cdot k_3 \cdot k_{бюд}}{\tau_3 \cdot r},$$

де  $S_B$  – площа вікон;

$S_{II}$  – площа підлоги приміщення;

$e_H$  – нормоване значення коефіцієнту природного освітлення;

$k_3$  – коефіцієнт запасу (30-50%), ( $k_3 = 1,3-1,5$ );

$\eta_e$  – світлова характеристика вікон;

$k_{\text{год}}$  – коефіцієнт, що враховує затемнення вікон протилежними будівлями;

$r_l$  – коефіцієнт, що враховує підвищення коефіцієнту природного освітлення, завдяки світлу, відбитому від поверхонь приміщення та поверхневого шару, що прилягає до будівлі (земля, трава тощо);

$\tau_3$  – загальний коефіцієнт світлопропускання.

Нормоване значення ( $e_n$ ) для будівель, що розміщені в *I*, *II*, *III*, *IV* та *V* поясах світлового клімату, визначається за формулою:

$$e_n = e_n^{III} \cdot m \cdot c,$$

де  $e_n^{III}$  – нормовані значення коефіцієнту природного освітлення для *III* поясу світлового клімату відповідно до *ДБН В.2.5-28-2006*;

$m$  – коефіцієнт світлового клімату;

$c$  – коефіцієнт сонячності клімату.

Оскільки територія України відповідно до *ДБН В.2.5-28-2006* належить до *IV* та *V* поясів світлового клімату, то коефіцієнт  $m$  становить відповідно 0,9 та 0,8.

Загальний коефіцієнт світлопропускання  $\tau_3$  визначається за формулою:

$$\tau_3 = \tau_1 \cdot \tau_2 \cdot \tau_3 \cdot \tau_4,$$

де  $\tau_1$  – коефіцієнт світлопропускання матеріалу;

$\tau_2$  – коефіцієнт, що враховує втрати світла у віконній рамі;

$\tau_3$  – коефіцієнт, що враховує втрати світла у несучих конструкціях (при боковому освітленні  $\tau_3 = 1$ );

$\tau_4$  – коефіцієнт, що враховує втрати світла у сонцезахисних пристроях.

Значення коефіцієнта  $r_l$  визначається за таблицею залежно від параметрів приміщення та середнього коефіцієнта відбиття  $\rho_{\text{ср}}$  стелі, стін, підлоги, який визначається за формулою:



$$\rho_{cp} = \frac{\rho_1 \cdot S_1 + \rho_2 \cdot S_2 + \rho_3 \cdot S_3}{S_1 + S_2 + S_3},$$

де  $\rho_1, \rho_2, \rho_3$  – відповідні коефіцієнти відбиття стелі, стін, підлоги;  
 $S_1, S_2, S_3$  – площі стелі, стін, підлоги відповідно.

Вихідні дані:

Довжина приміщення,  $A$  – 30 м;

Ширина приміщення,  $B$  – 10 м;

Висота приміщення,  $H$  – 3 м;

Коефіцієнт запасу,  $k_3$  – 1,4;

Розряд та підрозряд зорової роботи – VIII б;

Відстань між протилежними будівлями,  $L$  – 20 м;

Висота карнизу протилежної будівлі над підвіконнями,  $H_1$  – 15 м;

Вид склопропускаючого матеріалу – скло віконне листове подвійне;

Вид віконної рами – дерев'яна подвійна, відкривається;

Сонцезахисні пристрої – регульовані жалюзі та штори;

Коефіцієнт відбиття стелі (свіжопобіленої),  $\rho_1$  – 73 %;

Коефіцієнт відбиття стін (бетонні),  $\rho_2$  – 31 %;

Коефіцієнт відбиття підлоги,  $\rho_3$  – 25 %;

Місце розташування лабораторії – м. Київ;

Пояс світлового клімату – північніше 50° півн. ш.;

Висота від рівня робочої поверхні до верхнього краю вікна,  $h$  – 2 м;

Відстань від робочої поверхні до зовнішньої стіни,  $l$  – 8 м.

Розрахунок:

$$e_n = 0,2 \cdot 0,9 \cdot 0,75 = 0,135;$$

$$\tau_3 = 0,8 \cdot 0,7 \cdot 1 \cdot 1 = 0,56;$$

$$S_{1 \text{ стелі}} = 30 \cdot 10 = 300 \text{ м}^2;$$

$$S_{2 \text{ стін}} = 2 \cdot 30 \cdot 3 = 180 \text{ м}^2;$$

$$S_{3 \text{ підлоги}} = 30 \cdot 10 = 300 \text{ м}^2;$$

$$\rho_{cp} = \frac{0,73 \cdot 300 + 0,31 \cdot 180 + 0,25 \cdot 300}{300 + 180 + 300} = 0,44 = 44 \%;$$

$$100 \frac{S_B}{300} = \frac{0,135 \cdot 1,4 \cdot 11 \cdot 1,4}{0,56 \cdot 2,4} = 2,17;$$

$$S_g = 6,51 \text{ м}^2;$$

$$S_{\text{одноговікна}} = 2,55 \text{ м}^2.$$

Отже, за розрахунком можна сказати, що в лабораторії має бути 3 вікна. Але в хімічній лабораторії наявні 4 вікна.

## ВИСНОВКИ

Аналіз літературних джерел та власні дослідження дозволяють зробити такі висновки:

1. Практично усі ґрунти, у тій чи іншій мірі, забруднені паливами, важкими металами, пестицидами, отрутохімікатами, техногенними викидами тощо. Розроблення та експлуатація нафтогазових родовищ, наявність нафтовидобувної і переробної інфраструктури, розвинута мережа нафтогазопроводів є постійними факторами потенційної загрози навколишньому середовищу.

2. Токсичність палив і мастильних матеріалів загальновідома. Вуглеводні, оксиди вуглецю та азоту являють собою ті сполуки, які є основною причиною шкідливого впливу на біосферу при роботі двигунів внутрішнього згоряння. Крім того, недосконалість методів транспортування нафти, а також технологічних процесів переробки призводить не тільки до великих втрат енергетичного потенціалу цієї виключно цінної сировини, а й до забруднення атмосфери планети, її суші, річок, морів і океанів.

3. Рослинні тест-системи є досить надійними та зручними у встановленні ступеня токсичності певних забруднювачів, також вони дають змогу оцінити сумарний ефект дії різних видів забруднювачів, у тому числі для оцінки ступеня деградації ґрунтових екосистем, що зазнають різнопланово антропогенного впливу. Найбільш інформативними даними щодо екологічної небезпеки нафтопродуктів для ґрунтової екосистеми є визначення *фітотоксичності* – здатності ґрунту чинити пригнічувальний вплив на рослини, що призводить до порушення фізіологічних процесів, погіршення якості рослинної продукції

4. Методи біотестування, які ґрунтуються на вивченні характеру зворотної реакції тест-організмів, мають низку переваг: оперативність, об'єктивність, доступність, простота проведення досліджень, повторюваність

і достовірність отриманих результатів, економічність, низька собівартість тощо. Доведено привабливість застосування методів фітореMediaції забруднених ґрунтів, які базуються на встановленій здатності рослин поглинати вуглеводні нафти і безпосередньо брати участь у їхній деструкції.

5. Вивчено фізіологічні аспекти адаптації стійких до забруднення ґрунту нафтою видів рослин – *Carexhirtata* та *Fababona*.

6. Проведено оцінку токсичності авіапалива марки РТ та сумішевих авіаційних палив типу РТ-біопаливо методами фітотестування. Встановлено лінійну залежність між пригніченням росту коренів і пагонів досліджуваних фітотестів та ступенем нафтового забруднення. В результаті якої, виявлено специфічність і чутливість фітотестів (салат «Лолла Росса» та редис «Рудольф»), що вказує на можливість їхнього використання для оцінки токсичності нафтозабруднених ґрунтів.

7. Встановлено, що авіапаливо РТ з більшим вмістом біокомпоненту є менш токсичним для ґрунтів та рослинного покриву, чим чисте авіапаливо РТ з меншим вмістом біокомпоненту.

Таким чином, на сьогодні у світі розробляється велика кількість альтернативних технологій виготовлення авіаційних палив з використанням як відновлюваної, так і не відновлюваної сировини. Аналізуючи ситуацію, що склалася в сучасній нафтопереробній галузі, та беручи до уваги екологічну ситуацію у світі, що постійно погіршується – перехід на альтернативні види авіаційного палива є очевидним. Крім того, слід враховувати вимоги міжнародних організацій, таких як ІСАО, ІАТА, САЕР, щодо екологізації цивільної авіації.

Отже, реальним виходом із ситуації, що склалася в економіці України, є використання новітніх енергозберігаючих технологій та перехід на рослинні олії, як альтернативну поновлювану екологічно чисту сировину для повітряних суден, які відчутно впливатимуть на зменшення викидів в атмосферу CO<sub>2</sub> і оздоровлення атмосфери.

## СПИСОК БІБЛІОГРАФІЧНИХ ПОСИЛАНЬ

1. Голубев И. Я, Новиков Ю. В. Окружающая среда и транспорт. -М.: Транспорт, 1987. - 207 с.
2. Говорун А. Г. , Скорченко В. Ф. , Худолій М. М. Транспорт і навколишнє середовище. - К. : Урожай, 1992. - 144 с.
3. Разработка комплекса мер по охране и реабилитации р. Чусовой: Отчет о НИР. - Екатеринбург, 2002. - 149 с. - № ГР 02.20.03 02419.
4. Карелин Я.А., Попова И.А., Евсеева Л.А. и др. Очистка сточных вод нефтеперерабатывающих заводов - М.: Стройиздат, 1982.
5. Захаров С.Л. Очистка сточных вод нефтебаз // Экология и промышленность России. - 2002. - январь С. 35-37.
6. Родионов А.И., Клушин В.П., Торочешников И.С. Техника защиты окружающей среды. Учебник для вузов - М.: Химия, 1989.
7. Бенашвили Е. М. Разделение углеводородных и гетероатомных соединений нефти. – Тбилиси: Мецниереба, 1987. – 152 с.
8. Афанасьева Н.А., Писарева И.А., Иванова Т.А., Гейдаров Ф.А., Затучная Б.М. Формы нахождения нефтяных углеводородов на границе раздела различных сред и влияние их на распределение взвешенных веществ // Труды ГОИН. - 1990. - Вып. 182. - С 33 - 48.
9. Ісаєнко В. М., Криворотько В. М., Франчук Г. М. Екологія та охорона навколишнього середовища. Дипломне проектування: Навч. посіб. – К.: Книжне видавництво НАУ, 2005. – 192 с. ISBN 966-598-234-6
10. Каменщиков Ф.А., Богомольний Е.И. Нефтяные сорбенты. - Москва-Ижевск: НИЦ "Регулярная и хаотическая динамика". - 2005. - 268 с.
11. Геология и геохимия нефти и газа: учебное пособие/ М.В. Бордовский, А. А. Бакиров, В.И. Ермолкин - под ред. В.И. Ермолкина, 1993г.
12. Клименко Л. П. Техноекологія. – Сімферополь: Таврія, 2000 – 542 с.

13. Грушко Я.М., Кожова О.М., Мамонтова Л.М. Токсические вещества в сточных водах нефтехимических предприятий и их влияние на гидробионтов (Обзор) // Гидробиологический журнал. - 1978. - Т. 14.№ 2. - С. 55 - 59.

14. Миронов О.Г. Проблема самоочищения и гидробиологический метод борьбы с загрязнением морской среды // Биологическое самоочищение и формирование качества воды. - М.: Наука, 1975. - С. 19 - 22.

15. Патент ФРН № 2536807. МКИ<sup>4</sup> C09K3/32, 1977.

16. Безрудько О.В., Забела К.А., Крупа А.А. // Обзор информ. Нефть. промышленность. – Сер.: Транспорт и хранение нефти и нефтепродуктов. – М.: ВНИИОЭНГ, 1985. – Вып. 5 (63). – 53 с.

17. Мерц Р.Х., Косыгина К.Ф., Боксер В.Б. Плавающий углеродистый адсорбент для поглощения пленки нефтепродуктов на воде // Химия и технология воды. – 1998. – Т. 20. - № 3. – С. 301-304.

18. Дьомкін А. В. Вступ до екологічної політики. - К.: Тандем, 2000. - 194 с.

19. Каплин В.Т., Фесенко Н.Г. Загрязнение и самоочищение водоемов // Гидрохимические материалы. - 1967. - Т. 45. - С. 189- 206.

20. Умови забруднення підземних вод нафтопродуктами в зоні водозаборів (на прикладі Херсонського вузла водозаборів) 2005 года. Автореф. дис... канд. геол. наук: 04.00.06 / О.М. Шпак; НАН України. Ін-т геол. наук. — К., 2005. — 24 с. — укр.

21. Франчук Г. М., Ісаєнко В. М., Запорожець О. І. Урбоекологія і техноекологія: навчально-методичний посібник. – К.: НАУ, 2007 – 200 с.

22. Телитченко М.М. Формирование биологической полноценности воды гидробионтами // Биологическое самоочищение и формирование качества воды. - М.: Наука, 1975. - С. 9 - 14.

23. Гапочка Л.Д., Бродский А.И., Кравченко М.Е., Федоров В.Д. Совместное действие нефти, нефтепродуктов и дисперсантов на сине-

зеленые водоросли // Гидробиологический журнал. - 1980. - Т. 16. № 2. - С. 105-110

24. Дикань В.Я., Дейнека А.Г. Основы экологии и природопользования. Харьков, "Олант" 2002г. 339-350стр

25. Кононенко В.Г., Головченко Т.Г. Основы экологии. - Харьков, 2001 стр. 225-228

26. Андресон Р.К., Мукатанов А.Х., Бойко Т.Ф. Экологические последствия загрязнения почв нефтью. Экология, 1980; 6: 21–25.

27. Митропольський О.Ю., Байсарович І.М. Нафтохімічне забруднення та проблеми екології Карпатського регіону. Екологія довкілля та безпека життєдіяльності. Київ: Знання, 2002. С. 62–65.

28. Назаров А.В., Иларионов С.А. Изучение причин фитотоксичности нефтезагрязненных почв. Письма в междунар. науч. журн. „Альтернативная энергетика и экология”. 2005; 1: 60–66.

29. Цайтлер М.Й. Відновлення рослинного покриву і зміни структури ценопопуляцій трав'яних рослин на нафтозабруднених територіях Бориславського нафтового родовища: автореф. дис.... канд. біол. наук: 03.00.16. Дніпропетровськ, 2001. 16 с.