

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

ДОПУСТИТИ ДО ЗАХИСТУ  
Завідувач випускової кафедри  
\_\_\_\_\_ Т. В. Дудар  
« \_\_\_\_\_ » \_\_\_\_\_ 2022 р.

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

ВИПУСКНИКА ОСВІТНЬОГО СТУПЕНЯ БАКАЛАВРА

ЗА СПЕЦІАЛЬНІСТЮ 101 «ЕКОЛОГІЯ»

ОПП «ЕКОЛОГІЯ ТА ОХОРОНА НАВКОЛИШНЬОГО СЕРЕДОВИЩА»

**Тема: «Цитогенетичний моніторинг стану педосфери техногенного навантаження території авіапідприємств»**

Виконавець: Студентка групи ФЕБІТ 401 Проскурня Оксана Іванівна

(студент, група, прізвище, ім'я, по батькові)

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

Нормоконтролер:

\_\_\_\_\_  
(підпис)

\_\_\_\_\_  
Явнюк А. А.  
(П.І.Б.)

КИЇВ 2022

# НАЦІОНАЛЬНИЙ АВІАЦІЙНИЙ УНІВЕРСИТЕТ

Факультет екологічної безпеки, інженерії та технологій

Кафедра екології

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

---

(шифр, найменування)

ЗАТВЕРДЖУЮ

Завідувач кафедри

\_\_\_\_\_ Т.В. Дудар.

« \_\_\_\_ » \_\_\_\_\_ 20\_\_ р.

## ЗАВДАННЯ

на виконання дипломної роботи

Проскурні Оксани Іванівни

1. Тема роботи «Цитогенетичний моніторинг стану педосфери техногенного навантаження території авіапідприємств»

затверджена наказом ректора від «18» квітня 2022 р. №388/ст.

2. Термін виконання роботи: з 23.05.2022 р. по 19.06.2022 р.

3. Вихідні дані роботи: теоретична характеристика забруднювачів та методів проведення біотестування ґрунтів, проби ґрунту, характеристики проб ґрунту, відібраних на території поблизу аеропорту.

4. Зміст пояснювальної записки: аналіз джерел хімічного забруднення навколишнього середовища на території аеропортів та на прилеглих до них територіях, оцінка впливу об'єкта на стан ґрунтів, аналіз біологічних методів екологічного моніторингу забруднених ґрунтів, цитогенетичний моніторинг стану педосфери території, прилеглої до аеропорту.

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

## 6. Календарний план-графік

№ з/п	Завдання	Термін виконання	Підпис керівника
1	Отримання теми завдання, пошук літературних джерел та законодавчої бази	08.04.2022	
2	Підготовка основної частини (Розділ I)	23.05- 29.05.2022	
3	Підготовка основної частини (Розділ II)	30.06- 01.06.2022	
4	Підготовка основної частини (Розділ III)	02.06- 04.06.2022	
5	Формулювання висновків та рекомендацій дипломної роботи	05.06.2022	
6	Оформлення пояснювальної записки до попереднього представлення на кафедрі, консультація з нормоконтролером	05.06 - 07.06.2022	
7	Представлення роботи на кафедрі	08.06.2022	
8	Урахування зауважень, рекомендацій та підготовка до захисту	09.06 - 13.06.2022	
9	Захист дипломної роботи на кафедрі	16.06.2022	

7. Дата видачі завдання: «23» 05 2022 р.

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

Черняк Л.М.  
(П.І.Б.)

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

Проскурня О.І.  
(П.І.Б.)

## РЕФЕРАТ

Пояснювальна записка до дипломної роботи «Цитогенетичний моніторинг стану педосфери техногенного навантаження території авіапідприємств: 52 с., 5 рис., 3 табл., 43 літературних джерела.

Об'єкт дослідження: техногенний вплив на стан ґрунтів на території, прилеглий до злітно-посадкової смуги (ЗПС) аеропорту.

Предмет дослідження – проби ґрунту, що відібрані на території, прилеглий до злітно-посадкової смуги аеропорту.

Мета роботи: цитогенетичний моніторинг стану ґрунтів на території, прилеглий до аеропорту.

Методи дослідження: монографічний та експериментальні методи дослідження

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

НАВКОЛИШНЄ ПРИРОДНЕ СЕРЕДОВИЩЕ, ҐРУНТИ, ЗАБРУДЕННЯ НАФТОПРОДУКТАМИ І ВАЖКИМИ МЕТАЛАМИ БІОТЕСТУВАННЯ ҐРУНТІВ, ЕКОЛОГІЧНА БЕЗПЕКА, ЦИТОГЕНЕТИЧНИЙ МОНІТОРИНГ

## ЗМІСТ

<b>ПЕРЕЛІК УМОВНИХ ПОЗНАЧЕНЬ, СКОРОЧЕНЬ, ТЕРМІНІВ.....</b>	<b>7</b>
<b>ВСТУП.....</b>	<b>8</b>
<b>РОЗДІЛ 1. Аналіз проблеми хімічного забруднення ґрунтів в аеропортах та прилеглих територіях (основні джерела та причини забруднення) .....</b>	<b>10</b>
1.1 .Висновки до розділу .....	14
<b>РОЗДІЛ 2. Рослини-індикатори для здійснення моніторингу рівня забруднення ґрунтів важкими металами та нафтопродуктами .....</b>	<b>16</b>
2.1. Моніторинг стану ґрунтів.....	16
2.2. Біомоніторинг ґрунтів.....	19
2.3. Біоіндексація стану ґрунтів.....	20
2.4. Біотестування ґрунтів забруднених нафтопродуктами .....	22
2.5. Забруднення ґрунтів важкими металами. ....	25
2.6. Висновки до розділу .....	27
<b>РОЗДІЛ 3. Вплив на рослинність забруднення ґрунтів важкими металами та нафтопродуктами .....</b>	<b>28</b>
3.1. Морфологічні зміни рослин. ....	29
3.2. Механізм поглинання важких металів та вуглеводнів нафтопродуктів рослинами.....	33
3.3. Порушення фотосинтетичного апарату .....	34
3.4. Вплив на схожість насіння, чутливість і життєздатність рослин .....	35
3.5. Висновки до розділу .....	36
<b>РОЗДІЛ 4. Цитогенетичний моніторинг стану навколишнього середовища техногенного навантаження території (на прикладі авіапідприємств).....</b>	<b>37</b>
4.1. Рослини як тест-системи для екологічної оцінки забруднених територій	38
4.2. Експериментальне дослідження впливу хімічного забруднення ґрунту, відібраного на території поблизу аеропорту.....	41

4.3 Висновки до розділу .....	45
<b>ВИСНОВКИ.....</b>	<b>46</b>
<b>СПИСОК БІБЛІОГРАФІЧНИХ ПОСИЛАНЬ ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ....</b>	<b>48</b>

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

НС – навколишнє середовище;

ЗР – забруднюючі речовини;

ЗПС – злітно-посадкова смуга;

НП – нафтопродукти;

ВМ – важкі метали.;

ЦА – цивільна авіація;

АЗС – автозаправна станція;

ПММ – паливно-мастильні матеріали;

ГДК– гранично допустима концентрація.

## ВСТУП

**Актуальність теми.** В наш час спостерігається щорічне стрімке збільшення використання авіаційних пасажирських та транспортних перевезень. Літаки та інша обслуговуюча аеропорти техніка є значними забруднювачами ґрунтів на території аеропортів. Дана техніка є джерелом забруднення ґрунтів важкими металами та нафтопродуктами, що є важливою проблемою сьогодення. Внаслідок діяльності аеропортів негативний вплив спричиняється розливом паливно-мастильних матеріалів та викидами авіаційної техніки, що наносить непоправної шкоди ґрунтовим екосистемам. Тому сучасний екологічний моніторинг має включати не тільки хімічний аналіз рівня забруднення, а й екологічну оцінку проведену методами біомоніторингу, біотестування та біоіндикації. Особливе місце серед цих методів займає цитогенетичний моніторинг з використанням рослинних тест-систем. Даний напрям досліджень є досить перспективним. Ця методика має стати першим етапом діагностики якості ґрунту і можливих наслідків його впливу на живі організми, та розробка методів відновлення забруднених ґрунтів, що зведе до мінімуму вплив забруднення на довкілля, відновить екологічну рівновагу, буде екологічно безпечним та економічно доцільним.

**Мета і завдання виконання дипломної роботи.**

**Мета роботи:** цитогенетичний моніторинг стану ґрунтів на території, прилеглої до аеропорту.

**Завдання роботи:**

1. Провести аналіз джерел хімічного забруднення аеропортів.
2. Оцінити вплив об'єкта на рівень забруднення ґрунтів нафтопродуктами та важкими металами.
3. Проаналізувати біологічні методи екологічного моніторингу забруднених ґрунтів.
4. Експериментальне дослідження стану ґрунтів на території, прилеглої до аеропорту.



**Об'єкт дослідження** – техногенний вплив на стан ґрунтів на території, прилеглий до злітно-посадкової смуги (ЗПС) аеропорту.

**Предмет дослідження** – проби ґрунту, що відібрані на території, прилеглий до злітно-посадкової смуги аеропорту.

**Методи дослідження** – Методи дослідження: монографічний та експериментальні методи дослідження

**Особистий внесок випускника:** проаналізовано науково-технічну літературу, експериментально досліджено за допомогою біотестування наявність хімічного забруднення ґрунту на території аеропорту.

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

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

**Публікації:**

- Черняк Л.М., Проскурня О.І. Цитогенетичний моніторинг стану педосфери на території прилеглий до аеропорту: зб. тез. доп. XVI всеукр. наук.-практ. конф., молодих учених і студентів [« Екологічна безпека держави»], м. Київ, 2022. С. 16

# РОЗДІЛ 1

## АНАЛІЗ ПРОБЛЕМИ ХІМІЧНОГО ЗАБРУДНЕННЯ ҐРУНТІВ В АЕРОПОРТАХ ТА ПРИЛЕГЛИХ ТЕРЕТОРІЯХ ( ОСНОВНІ ДЖЕРЕЛА ТА ПРИЧИНИ ЗАБРУДНЕННЯ)

Аеропорт є підприємством мультифункціональної транспортної системи, для організації зльоту та посадки авіаційного транспорту. Дана установа забезпечує технічне обслуговування літальних апаратів, транспортування вантажів та пасажирів. Основу для функціонування аеропорту забезпечують авіакомпанії, державні органи авіаційної діяльності.

Зростання світового авіаперевезення на 4-5% на рік супроводжується збільшенням навантаження на навколишнє середовище, як локально, так і глобально, що сьогодні стає одним із ключових факторів розвитку авіаційної галузі.

Повітряний транспорт із супутнім обладнанням забруднює ґрунт різними механічними, фізичними та хімічними домішками.

Забруднення ґрунту відбувається через відкладення на поверхню ґрунту забруднюючих речовин з повітряного басейну, які потрапляють в атмосферу через вихлопні гази літаків, наземних літаків та котлів.

Земний покрив - це система, менш динамічна і більш буферна, ніж атмосферне повітря або вода. Однією з характеристик ґрунту є те, що він збирає інформацію про процеси та зміни, що відбулися, і, отже, не тільки вказує на стан навколишнього середовища на даний момент, а й відображає минулі процеси.

Ґрунт відіграє захисну роль по відношенню до природних вод, атмосфери та рослинності. Водночас, виконуючи захисні функції, ґрунт може стати основним джерелом багатьох хімічних речовин, які забруднюють природні води та є небезпечними для рослин.

Перерозподіл забруднювачів у ґрунті, а отже, і в навколишньому середовищі (рослини, вода, повітря) спричиняється переміщенням важких металів у профілі ґрунту.

На відміну від органічних хімічних забруднювачів, які з часом розкладаються, важкі метали можуть перерозподілятися лише між компонентами природного середовища, а періоди їх розпаду можуть тривати багато тисяч років.

Дослідження ґрунту поблизу аеропортів показали більш ніж 20 збільшення вмісту важких металів. Максимальне забруднення спостерігалось в місцях зберігання паливно-мастильних матеріалів, ремонтних майстерень, на платформах і на злітно-посадкових смугах, особливо на місцях зльоту та посадки літаків. У ґрунтах із сильним і помірним забрудненням виявлено важкі метали від 8 до 18 мг/кг, вміст яких значно перевищував допустимі норми.

Загалом ґрунти навколо аеропортів забруднені такими важкими металами: цинк, мідь, свинець, хром, олово, вольфрам, а також специфічними металами (кобальт, нікель, кадмій, стронцій, срібло, літій).

Дослідження в країні та за кордоном показали, що рівень забруднення ґрунтів в аеропортах та авіакомпаніях досить високий. 200-250 г органічних і неорганічних хімічних речовин штучного походження на 1 м<sup>2</sup> ґрунту.

Є великі території аеропортів, які піддаються вітровій ерозії. Цьому процесу сприяє забруднення ґрунту паливно-мастильними матеріалами, а також викид з навколишнього середовища в атмосферу від двигунів внутрішнього згоряння та спеціальної техніки.

Найбільш інтенсивне забруднення ґрунтів відбувається на ділянках, де в результаті випадкових розливів витікає паливо та масло.

Цілісність ґрунтово-посадкової системи свідчить про необхідність дослідження і рослин хімічного впливу на них повітряного транспорту.

Забруднення рослин поділяють на зовнішнє (осідання на поверхні листків і стебла) і внутрішнє (проникнення в клітини через коріння). Захисні механізми активізуються при забрудненні коренів рослин. Вони обмежують проникнення забруднень в наземні органи та їх участь у метаболічних реакціях клітин. Що стосується різних забруднювачів, то захисні властивості рослин проявляються по-різному: наприклад, свинець зберігається в коренях, кадмій легко проникає в наземні органи.

Під час експлуатації цивільного повітряного судна (ЦА) в аеропорту, викиди шкідливих забруднюючих речовин здійснюються з моменту зльоту через зліт і посадки на місці посадки.

Інтенсифікація процесів повітряного транспорту супроводжується постійним збільшенням техногенного навантаження на навколишнє середовище. Вплив авіаційної промисловості на навколишнє середовище характеризується фізичним, хімічним та біологічним забрудненням атмосфери, ґрунту та водних об'єктів аеропорту. З цих видів забруднення найнебезпечнішим для біосфери є хімічне. Основними джерелами хімічного забруднення, у тому числі ґрунту, є викиди літаків та продуктів згоряння транспортних засобів у землю, а також паливо-мастильні матеріали, що використовуються при технічному обслуговуванні, експлуатації та заправці транспортних засобів [1]. Штучна діяльність авіакомпаній завдає шкоди рослинності та ґрунту. Дослідження, проведені в Україні та за кордоном, показують досить високі рівні забруднення ґрунтів та авіації від авіаційної промисловості та прилеглих територій.

Відомо, що ґрунт є малорухливим природним середовищем порівняно з атмосферою та поверхневими водами і що міграція забруднюючих речовин у ґрунт є відносно повільною [2]. Водночас ґрунтовий покрив є менш динамічною та більш буферною системою, ніж водні об'єкти чи атмосферне повітря. Дослідження показали, що поверхневі води аеропорту характеризуються значним вмістом важких металів, нафтопродуктів та інших хімічних речовин [3]. Проте найбільше забруднення в аеропортах країни спричиняють важкі метали та нафтопродукти.

Основним джерелом забруднення ґрунтів нафтопродуктами в аеропорту є сховища паливно-мастильних матеріалів і служби паливно-мастильних матеріалів, а також спецтехніка, авіабази, авіаремонтні майстерні. А причинами проникнення нафтопродуктів у ґрунт є їх різноманітні втрати (технологічні, аварійні та експлуатаційні). Нафтохімічне забруднення ґрунтів характеризується певними характеристиками. Нафтопродукти в основному проникають у ґрунт самопливом і поверхнево-активними речовинами. Розподіл нафтопродуктів переважно залежить від типу та будови нутрощів, гідрологічних умов та властивостей паливно-

мастильних матеріалів (густина, в'язкість тощо) [1]. Тому високі рівні забруднення ґрунтів такими хімічними речовинами в основному локалізуються в навколишньому середовищі на їх ділянках, що в свою чергу може призвести до поступової зміни хімічного складу ґрунту, що може призвести до порушення геохімічного середовища та живих організмів. В результаті ґрунт втрачає здатність самолікуватися [3]. З цієї причини постійний моніторинг забруднення ґрунту нафтопродуктами має вирішальне значення для забезпечення екологічної безпеки АЗС аеропортів. Адже переважна більшість забруднення в сучасній техносфері (понад 80%) спричинена не техногенними катастрофами, а дрібними «хронічними» витокami та розливами хімічних речовин в екологічно небезпечних місцях, витокami на перетині технологічного обладнання [4]. Через невеликі витокi та витокi під час паливних комплексів, транспортних засобів та механізмів, а також технологічних операцій з паливом тощо.

Для швидкого визначення ступеня хімічного забруднення ґрунту нафтопродуктами та ефективного вибору методу відновлення якості ґрунту велике значення мають швидкість та доступність методу. Цей метод біологічної оцінки якісних характеристик компонентів навколишнього середовища набуває все більшого значення в екологічних моніторингових дослідженнях. Сьогодні все більшого значення набувають методи біологічної оцінки стану природних компонентів, оскільки вони є найбільш ефективними та екологічно чистими. Реакція живих організмів дозволяє оцінити вплив антропогенних впливів на екологічні показники з біологічною основою. Фактори навколишнього середовища іноді дуже відрізняються від живих і неживих факторів, і не завжди легко визначити їх кінцевий вплив. До недорогих методів комплексної оцінки та контролю компонентів навколишнього середовища належать біологічний моніторинг та діагностика на основі методів біотестів. Їх можна використовувати для оцінки впливу забруднюючих речовин на живі організми на основі дози та часу впливу, включаючи переміщення по харчовому ланцюгу.

Екологічні дослідження ступеня забруднення компонентів навколишнього середовища в околицях аеропорту мають велике значення, оскільки методи оцінки

впливу людини на їх стан недостатньо висвітлені в науковій літературі. Вирішуючи ці завдання, науково і практично вирішується проблема захисту та відновлення компонентів навколишнього середовища. Зокрема, визначення ступеня забруднення ґрунту нафтопродуктами.

Поверхневі стічні води транспортних компаній містять рідкі нафтопродукти, залишки миючих засобів, дезінфікуючі засоби, морозостійкі та морозостійкі реагенти, ливарні суміші, розчини на основі металів, електроліти акумуляторів та відпрацьовані електроліти.

Опади, потоки дощів і талих вод також поглинають котельні гази, шкідливі викиди автомобілів і літаків в аеропорту.

Близько 50% викидів твердих частинок викидається безпосередньо в районі аеропорту, коли літак злітає на злітно-посадкову смугу. Накопичення забруднюючих речовин на злітно-посадкових смугах забруднює екосистеми і робить ґрунти прилеглих територій непридатними для сільськогосподарського використання.

Токсичні забруднювачі від пересувних і стаціонарних джерел за ступенем небезпеки поділяють на 4 класи:

- 1 - надзвичайно небезпечні (тетраетилсвинець, свинець, ртуть тощо);
- 2 - надзвичайно небезпечні (марганець, мідь, сірчана кислота, хлор та ін.);
- 3 - помірно небезпечні (ксілол, метиловий спирт тощо);
- 4 - Низький ризик (аміак, бензин, гас, чадний газ, скипидар, ацетон тощо) [5].

Таким чином, авіація є джерелом широкого спектру екологічних факторів. У зв'язку з цим розробка та впровадження державних нормативних актів, що регулюють розміщення населених пунктів поблизу аеропортів, є своєчасним та актуальним завданням. Доцільно розробити заходи та рекомендації щодо зменшення негативного впливу повітряних транспортних процесів на навколишнє середовище.

### **1.1. Висновки до розділу**

Внаслідок забруднення територій аеропорту хімічними речовинами відбувається порушення ґрунтових покривів, яке виражається у зміні характеристик

верхнього шару літосфери, а саме зміна хімічного складу, морфологічного, зниження родючості, скорочення корисних мікроорганізмів та бактерій, зниження вмісту органічної речовини, виникнення небезпечних ситуацій. Також відбувається втручання до природних міграцій хімічних речовин, вплив на гідросферу через просочування шкідливих речовин та вплив на атмосферу, зумовлений викидами авіатранспорту та експлуатацією аеропортів.

## РОЗДІЛ 2.

# РОСЛИНИ-ІНДИКАТОРИ ДЛЯ ЗДІЙСНЕННЯ МОНІТОРИНГУ РІВНЯ ЗАБРУДНЕННЯ ҐРУНТІВ ВАЖКИМИ МЕТАЛАМИ ТА НАФТОПРОДУКТАМИ

### 2.1. Моніторинг стану ґрунтів

Постійне зростання антропогенних впливів на ґрунти підвищує інтерес моніторингових досліджень, комплексу заходів, спрямованих на моніторинг стану довкілля. Контроль стану ґрунтів дозволяє аналізувати та прогнозувати методи та масштаби використання ґрунтів з мінімальними змінами або їх відсутністю, що є основним завданням екологічного моніторингу. Біологічний моніторинг розуміється як форма екологічного моніторингу, при якій окремі живі організми або їх біосистеми використовуються для контролю якості навколишнього середовища. Специфіка ґрунтів як об'єкта моніторингу визначається їх розташуванням та функціями в біосфері. Ґрунтовий покрив є кінцевим одержувачем більшості техногенних хімічних речовин, які надходять у біосферу.

Програма моніторингу довкілля СЕМ Ukraine реалізується в Україні з 1991 року, а функції та завдання моніторингу та інформації виконують 8 суб'єктів системи моніторингу. Моніторинг ґрунтів здійснюється в рамках підсистеми та відповідно до постанов Кабінету Міністрів України [6,7]:

- Державна гідрометеорологічна служба забруднює сільськогосподарські угіддя пестицидами та важкими металами в населених пунктах. Відбір проб проводиться один раз на п'ять років;

- Державна екологічна інспекція (Мінприроди) відбирає проби на промислових об'єктах країни. Загальна кількість вимірюваних параметрів 27;

- Установи МОЗ контролюють стан ґрунтів на територіях на предмет їх можливого негативного впливу на здоров'я населення.



Організація моніторингу ґрунтів має складніші завдання, ніж моніторинг водно-повітряного середовища з таких причин:

- Ґрунт як біологічне тіло – складний об’єкт дослідження, який розвивається за законами як живої, так і неживої природи;

- ґрунтові процеси відбуваються під постійним впливом антропогенних факторів за участю твердих фаз, ґрунтового розчину, ґрунтового повітря, коренів рослин, живих організмів;

- Неможливість виділити антропогенну складову як забруднюючі хімічні елементи Zn, Cd, Pb, Fe, Cu, Mn тощо. Є природними компонентами як гірських порід, так і ґрунтів і надходять у ґрунт з антропогенних джерел;

Труднощі у визначенні ступеня забруднення ґрунту забруднювачами через недосконалість нормативної бази ГДК забруднювачів, а саме: для одних речовин ГДК присутній для цільнометалевих форм, для інших – ГДК для рухомих форм, або ГДК не є цим чи іншим забруднювачем.

Поняття «фон» не до кінця визначене, квартира часто базується на оцінках успіху, пов’язуючи її з минулим із ретроспективними екстравагантними датами успіху в результаті [8].

Перегонка решти сходів є причиною швидкої деградації ґрунтів, хоча за всю історію LDA збирали невеликі м’ясисті ґрунти. Традиційні аналітичні методи для покриття невеликої площі покрівлі замість активних і суб’єктивних причин зараз практично неможливі. Так, в міських екосистемах, як біологічний індикатор вагітних, широко використовуються різні негативні процеси, якщо вони трохи складніші. Найшвидшою реакцією на антропогенний приплив організмів є використання живих організмів, які використовуються в моніторингу як біологічні індикатори [9]. Важливо не йти на такий простий крок, але якщо ви не відповісте на складне, то будете поневолені інформацією найкращого представника. Для додаткової допомоги методу біомаркера можливий кумулятивний ефект припливу від можливої інфільтрації вкритих сміттям пустот у простір протягом однієї години, а також можлива профілактична профілактика. Можна використовувати інструментальні методи, можливо, з важливими властивостями, які ще ведуть до

грунту, але є момент у виборі проблеми. Ідуть застарілі процеси (крадіжки), які можуть призвести до низки викиднів. Окремі позначення статички та динаміки. Наприклад, наявність індикатора пісні, будь-якої форми - всі статичні знаки і швидкість зміни знака, що надходить на годинник, досягає динаміки.

Рослинність може бути використана не лише як індикатор окремих факторів середовища, а й як індикатор загальних умов: типів ґрунту чи клімату, гірських порід, сільськогосподарських угідь. Біоіндикатори можуть бути не єдиними рослинами, які суттєво реагують на 32 аномалії. Зовнішні подразники впливають на кислотність середовища, щільність коренів тощо. Важливість показника в екологічних дослідженнях визначається двома значеннями: екологічною сполученістю показника (V) і відповідністю показника за обсягом позначки (F). Загальне значення показника можна виразити як індекс  $V/F$  (у відсотках).

Біоіндикація має певні переваги як метод отримання прямої інформації про зміни стану біоти в умовах забруднення, але її необхідно поєднувати з хімічними та геофізичними експериментами для отримання не тільки якісної, а й кількісної інформації [10].

Біологічний моніторинг є важливою і невід'ємною частиною моніторингу навколишнього середовища. З одного боку, біологічний моніторинг оцінює стан біоти екосистем на різних рівнях, з іншого боку, певні зміни в навколишньому середовищі неможливо оцінити інакше, як за допомогою високочутливих організмів. Використання засобів біологічного моніторингу дозволяє проводити комплексний аналіз та оцінку змін у навколишньому середовищі, що неможливо при хімічному чи геофізичному моніторингу навколишнього середовища. Біодоступність ґрунтового стану є основним методом біологічного моніторингу і має ряд переваг перед інструментальними методами дослідження, а саме:

- висока чутливість до надслабких антропогенних змін ґрунту, які не виявляються хімічними та фізико-хімічними методами дослідження;
- Швидкість виявлення антропогенних змін у ґрунтах;
- Оцінка рівнів забруднення з обмеженою кількістю характеристик;
- Універсальність у вирішенні завдань;

- Ідентифікувати та охарактеризувати ретроспективні, одноразові та прогнозовані впливи;
- Недорогі дослідження.

Принцип біологічної діагностики ґрунту ґрунтується на уявленні про те, що ґрунт (як середовище проживання) є єдиною системою, в якій живуть популяції різних організмів [11].

## **2.2. Біомоніторинг ґрунтів**

Підвищення ефективності захисту ґрунтів від забруднення значною мірою обумовлено використанням якісно нових підходів до оцінки складу та властивостей забруднюючих речовин у субстраті. Серед найбільш радикальних методів, що відповідають цілям збереження та враховують його екологічний аспект, є використання комплексних методів оцінки токсичності ґрунтів. Цю оцінку можна отримати шляхом біопроби - шляхом експериментального визначення, шляхом експериментальної оцінки впливу групи факторів (фізичних, хімічних, фізико-хімічних) або групи шкідливих факторів шляхом реєстрації змін біологічних параметрів (фізіологічних, біохімічних, цитогенетичних тощо). ) За чітко визначених (тобто стандартних лабораторних) умов порівняно з контролем.

Біомоніторинг - Оперативний моніторинг навколишнього середовища на основі спостережень за станом і поведінкою біологічних об'єктів (рослин, тварин тощо).

Для встановлення взаємозв'язку «доза-відповідь» необхідний ретельний відбір рослини в полі. Якщо рослина реагує на вплив ураження листя, зміну швидкості росту, врожайності, необхідно експериментально з'ясувати, як вона реагує на різні дози однієї і тієї ж речовини або суміші.

Пошкодження листя можна проаналізувати за допомогою серії фотографій, безпосередньо порівнюючи зображення ураженого листя з контрольними зображеннями листя рослин, підданих відомій концентрації забруднюючих речовин в лабораторії. Розбиття великої кількості рослин на квадрати дозволяє кількісно

визначити: дані про пошкодження листків, з'ясувати розмір пошкодження; Ступінь пошкодження; Кількість травм на одиницю площі. Лінійні графіки можна використовувати, щоб показати залежність пошкодження листків від терміну придатності та дози забруднювача. Ці криві можна порівняти з лабораторними кривими доза-відповідь.

Певний метод кількісної оцінки вибирається відповідно до рослинного матеріалу, забруднюючих речовин та вимірюваних параметрів, які необхідно дослідити. Ступінь ураження листків трав'янистих рослин визначають шляхом визначення площі (відсотка) візуально пошкодженої листкової поверхні. Спостерігаючи за хвойними рослинами, оцініть довжину хвої, їх колір і форму, вік хвої, кількість пошкоджених голок на одну гілку (у відсотках).

Для використання в якості біомоніторів слід вибрати наступні рослини:

- реакція на вплив забруднюючої речовини, тобто помітні ознаки пошкодження, зміни швидкості росту, морфологічні зміни, порушення цвітіння, зміни продуктивності або врожайності;
- Стійкі до умови вирощування та догляду;
- які менш схильні до шкідників і хвороб [12].

### **2.3. Біоіндикація стану ґрунтів**

Біоіндикація - метод виявлення антропогенного впливу на біоценоз.

Цей метод набуває все більшого поширення, оскільки рослини-індикатори мають такі переваги : - узагальнюють біологічно важливі дані про навколишнє середовище; -здатний реагувати на короткочасні та періодичні викиди токсичних речовин;

- реагування на швидкість змін навколишнього середовища;
- вказати місця скупчення забруднюючих речовин та шляхи їх видалення;
- уможливити підготовку оцінок шкідливого впливу токсичних речовин на людину та дику природу на ранніх стадіях та регулювання допустимого навантаження на екосистеми.

Метод біоіндикаторів базується на дослідженнях впливу змінних факторів середовища на різні характеристики біологічних об'єктів і систем. В якості біоіндикаторів вибираються біологічні системи або організми, які найбільш чутливі до досліджуваних факторів. Зміни поведінки тест-об'єкта оцінюють у порівнянні з контрольними ситуаціями, прийнятими за стандарт. Багато рослин-індикаторів реагують на підвищення або зниження концентрації мікро- і макроелементів у ґрунті. Це явище використовується для попередньої оцінки ґрунтів, визначення можливих місць пошуку корисних копалин [12].

Біоіндикація має багато переваг перед інструментальними методами. Він дуже ефективний, не вимагає великих витрат і дозволяє відзначати стан навколишнього середовища в часі. Фактори навколишнього середовища суворо визначають, які організми можуть жити в певному місці, а які ні.

Тому біоіндикатори — це група особин одного виду чи групи, чия наявність, чисельність чи інтенсивність розвитку в даному середовищі є показником певних природних процесів чи умов середовища. Для оцінки забруднення довкілля сьогодні часто використовують біологічну індикацію, яка «видаляє» з природних екологічних ніш факторів забруднення нестійких видів нижчих і вищих рослин, а також представників фауни.

Біоіндикатори, біологічні індикатори - організми, наявність (наявність), чисельність або інтенсивний розвиток яких є показником природних процесів або умов середовища. За допомогою рослин-індикаторів і мікроорганізмів можна дати приблизну оцінку якості ґрунту [13]. Під впливом забруднення навколишнього середовища змінюються еколого-фізіологічні характеристики: пігментація, колір рослин. вони викликані надлишком токсичних солей у ґрунті або нестачею поживних речовин. Біоіндикація має певні переваги як метод отримання безпосередньої інформації про зміни стану біоти за конкретних умов забруднення, але її необхідно поєднувати з хімічними та геофізичними експериментами для отримання не тільки якісної, а й кількісної інформації [14].

Отже, біологічні об'єкти набувають все більшого значення. Індикатори рослин використовуються як для виявлення окремих забруднюючих речовин, так і для

моніторингу загального стану навколишнього середовища.

## **2.4. Біотестування ґрунтів забруднених нафтопродуктами**

Біотестування- це методика експериментального оцінювання впливів різних чинників, умов, явищ, середовища на основі певних видів організмів, наприклад, рослин чи рослинних угруповань.

Ґрунт — це особливе органіко-мінеральне природне утворення, яке виникло в результаті надходження живих організмів на мінеральний субстрат і розпаду відмерлих організмів, а також внаслідок впливу природних вод і повітря на поверхневі горизонти гірських порід різних видів. клімат і рельєф. Загальну оцінку ступеня забруднення ґрунтів можна зробити за критеріями, що розрізняють ґрунти з низьким, середнім і сильно забрудненим. Вміст забруднюючих речовин (ЗР) у слабозаражених ґрунтах не перевищує ГДК або фонового значення. У помірно забруднених - надлишок ГДК незначний і не викликає істотних змін властивостей ґрунту. Вміст ЗР у сильно забруднених ґрунтах у кілька разів перевищує ГДК (фон), що суттєво впливає як на властивості ґрунту, так і на якість сільськогосподарської продукції. Іноді оцінюють ступінь забруднення окремими ЗР (важкими металами, нафтою та нафтопродуктами, бензином (а) піреном тощо). Ґрунти вважаються забрудненими, коли концентрація в них нафтопродуктів (НП) досягає значення, яке ініціює несприятливі екологічні зміни в НПС: порушується екологічна рівновага в ґрунті, гине біота ґрунту, падає продуктивність або настає загибель рослин, змінюється морфологія. Знижуючи їх родючість, виникає ризик забруднення підземних і поверхневих вод. Рівень потенціалу самоочищення вважається небезпечним рівнем забруднення ґрунту [15].

У деяких країнах вміст НП в ґрунті оцінюється в 1 - 3 г/кг; Початок серйозної екологічної шкоди (К) - 20 г/кг і більше. Враховуючи фізико-географічні умови України (а також характер землекористування), які впливають на процеси самоочищення у разі забруднення навколишнього середовища, доцільно отримувати наступні сорти для практик детоксикації ґрунтів. Градація забруднення ґрунту (у т.ч.

Кларка): незабруднені ґрунти – до 1,5 г/кг; Низька забрудненість – від 1,5 до 5 г/кг; - Середня забрудненість - від 5 до 13 г / кг; - Сильне забруднення - від 13 до 25 г / кг; 67 - Дуже сильне забруднення - більше 25 г / кг. Слабке забруднення можна усунути в процесі самоочищення ґрунту в найближчі 2-3 роки, середнє - через 4-5 років. Початком серйозної екологічної шкоди є забруднення ґрунту НП з концентрацією понад 13 г/кг, з цієї концентрації починається міграція НП у підземні води, значно порушуючи екологічну рівновагу в ґрунтовому біоценозі. Концентрації менше 5 г/кг вважаються відповідними зоні екологічної норми (Н), 5-13 г/кг - ризику (Р), 13-15 г/кг - кризовій (К) і більше 25 г. / кг - зона відома (L). Слід зазначити, що ступінь забруднення ґрунту НП не завжди впливає на їх витіснення (звідси і якість сільськогосподарської продукції), що однозначно пов'язано з гідрофобністю більшості вуглеводної та неуглеводної фракцій. Найбільш інформативними даними про екологічну загрозу нафтопродуктів для ґрунтової екосистеми є визначення фітотоксичності – здатності ґрунту чинити депресивну дію на рослини, що призводить до порушення фізіологічних процесів, псування рослинної продукції [16].

Забруднення нафтою впливає на рослинні організми двома шляхами: безпосередньо (через проникнення компонентів олії через кореневу систему або прориди листя та їх залучення в обмін речовин) і опосередковано (через зміну фізико-хімічного складу ґрунту та порушення його біотики. Властивості). Безпосередній вплив олії на рослинність проявляється в тому, що сповільнюється ріст рослин, порушується фотосинтез і дихання, спостерігаються різні морфологічні порушення, сильно пошкоджується коренева система, листя, стебла, репродуктивні органи. Для діагностики та оцінки токсичності забруднених нафтою ґрунтів зазвичай враховують такі показники, як висота рослин, кількість, довжина і ширина листя, довжина листя, кількість гілочок і довжина, кількість квіток, розмір оцвітини, кількість плодів. І насіння плоду, загальна маса рослини і маса окремих її частин тощо. Фізіологічні, біохімічні та цитогенетичні параметри тест-систем рослин придатні для кількісної оцінки впливу факторів в умовах техногенного забруднення. Біозбірки нафтозабруднених ґрунтів агроекосистем базуються на реакціях

сільськогосподарських рослин з різною чутливістю до цього фактора [17].

Тест-реакції фіторемедіатів (табл. 2.1.) чутливі до дії мастил, тому їх доцільно використовувати як тест-системи для фітоіндикаторів забруднених нафтою територій, а рослин *C. hirta* та *V. faba* – для реконструкції нафто- забруднені ґрунти. Найновішу інформацію про фітотоксичність забрудненого ґрунту можна отримати, використовуючи як дослідні майданчики насіння та проростки рослин.

Таблиця 2.1

**Рослинні тест-системи *Carex hirta L.* та *Faba bona Medic. (Vicia faba L.)* в умовах забруднення ґрунту нафтою ( Н.М. Джура) [18]**

Тест-системи	Морфологічні та біометричні параметри
Насіння <i>V. Faba</i>	Схожість насіння за дії різних концентрацій нафти і нафтопродуктів
Цілісна рослина <i>C. hirta</i> і <i>V. Faba</i>	біомаса рослин; виживаність рослин у польових та лабораторних умовах
Вегетативні органи рослин	довжина кореневищ <i>C. hirta</i> ; висота пагонів рослин <i>C. hirta</i> і <i>V. Faba</i>
Листки рослин <i>C. hirta</i> і <i>V. Faba</i>	довжина і ширина листкової пластинки; кількість продохів на одиницю поверхні листка; вміст фотосинтетичних пігментів; наявність хлорозів, некрозів тощо; характер опушення листкової пластинки <i>C. Hirta</i>



Тестові функції, які використовуються в біопробі, досить різноманітні: динаміка схожості насіння, відсоток схожості, довжина основних і бічних коренів, довжина гілочок тощо. На їх основі визначають фітотоксичну дію ґрунту. Для порівняння токсичності тесту росту фітоіндикаторів була розроблена шкала рівня токсичності ґрунту (табл. 2.2.).

Таблиця 2.2

**Шкала рівнів токсичності ґрунтів ( Н.М. Джура) [18]**

<b>Рівні пригнічення ростових процесів (фітотоксичний ефект), %</b>	<b>Рівень токсичності</b>
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 біопробі основним параметром оцінки забруднення є не концентрація забруднюючої речовини, а реакція та реакція живого організму. Перевага біотестування токсичності забрудненого середовища полягає у врахуванні антагоністичних та синергічних взаємодій забруднювачів, оцінці сукупної біологічної активності впливу фізико-хімічних факторів на біоту.

**2.5. Забруднення ґрунтів важкими металами**

Одним із наслідків впливу аеропортів на ґрунт є входження в природний кругообіг хімічних елементів, у тому числі важких металів, де ґрунт став незамінною ланкою міграційних ланцюгів, показником стійкості екосистеми.

Забруднення важкими металами переважно локальне. Найбільш забруднені місця знаходяться поблизу промислових центрів, великого виробництва, будівництва

автомобільних доріг. Потрапляючи до ґрунту, важкі метали постійно мігрують і перетворюються в ту чи іншу форму хімічних сполук. Частина з них гідролізується, частина може утворювати менш розчинні сполуки і осідати в ґрунті. Важкі метали в ґрунті можуть перебувати в трьох станах: незамінному, змінному, водорозчинному. Причому всі види ґрунтового поглинання беруть участь у процесах накопичення та перетворення металів [19]. Рослини, як і всі живі організми, можуть лише певною мірою протистояти збільшенню концентрації важких металів. А подальше збільшення їх концентрації призводить до гальмування і загибелі живих організмів. Накопичення важких металів у верхніх шарах ґрунту призводить до виснаження видового складу рослин і мікроорганізмів, погіршення умов росту і розвитку культурних рослин.

На розподіл важких металів у ґрунті впливають такі фактори:

1. Гранулометричний склад ґрунту. Існує пряма залежність між ступенем дисперсності частинок ґрунту та їх адсорбуючими властивостями. Підвищена дисперсність субстрату перешкоджає виведенню атомів мікроелементів із профілю ґрунту, сприяючи їх накопиченню в ґрунті.

2. Оксиди та гідроксиди. Найбільший вплив на рух металів у ґрунті мають оксиди та гідроксиди Fe, Al та Mn. Механізм сорбції — ізоморфне заміщення іонів Fe і Mn катіонами металів. Найбільша спорідненість гідроксидів Fe і Mn виявлена в металах подібних розмірів ( $\text{Co}^{2+}$ ,  $\text{Co}^{3+}$ ,  $\text{Ni}^{2+}$ ,  $\text{Cu}^{2+}$ ,  $\text{Zn}^{2+}$ ,  $\text{Cd}^{2+}$ ,  $\text{Pb}^{2+}$ ,  $\text{Ag}^{+}$ ).

3. Реакція навколишнього середовища. Важкі метали, які містяться в ґрунтовому розчині кислих ґрунтів, утворюють переважно розчинні органо-мінеральні комплекси.

4. Карбонати. Карбонати — це сполуки, які значно зменшують переміщення мікроелементів, у тому числі важких металів, у ґрунті. Механізм цієї дії зумовлений сорбційними властивостями високодисперсних фракцій карбонатів, а також регуляцією реакційного середовища їх непрямым впливом [20].

Важкі метали є забруднювачами, які необхідно контролювати в будь-якому середовищі. У різних наукових і прикладних працях автори по-різному пояснюють важливість цього питання.

У роботі, присвяченій проблемам забруднення навколишнього середовища та екологічного моніторингу, до важких металів на даний момент відносять понад 40 металів періодичної системи з масою понад 50 атомів: Cr, Mn, Fe, Co, Ni, Cu, Zn, Mo, Cd, Sn, Hg, Pb тощо. У той же час їхня висока токсичність до відносно низьких концентрацій у живих організмах відіграє важливу роль у класифікації важких металів. Практично всі метали, які підпадають під це визначення (крім свинцю, ртуті, кадмію і вісмуту, біологічна роль яких на даний момент невідома) беруть активну участь у біологічних процесах, входять до складу багатьох ферментів [21].

Важкі метали характеризуються низькою міграційною активністю в ґрунті, добре відкладаються, накопичуються в поверхневому шарі.

Контроль забруднення ґрунту важкими металами в основному здійснюють 3 елементи першого класу токсичності (свинець, кадмій, цинк) та 4 метали другого класу токсичності (нікель, хром, кобальт, мідь) [22].

## **2.6. Висновки до розділу**

Отже, для екологічної оцінки ґрунтового покриву використовуються різноманітні методи дослідження. Особливу увагу варто звернути на методики біомоніторингу, а саме біотестування та біоіндикацію. Рослинні тест-системи є перспективним та зручним засобом для проведення досліджень завдяки своїй доступності, вартості та легкості у використанні. Рослинні об'єкти швидко розмножуються та дають величезний спектр характеристик, які дозволяють відслідковувати різноманітні параметри завдяки участі у різних реакціях. Достеменно не відомо на якій стадії росту рослини найбільш чутливі до забруднення, тому даний напрям є перспективним для дослідження ґрунтів, які зазнали хімічного забруднення зокрема нафтопродуктами та важкими металами.

## РОЗДІЛ 3.

### ВПЛИВ НА РОСЛИННІСТЬ ЗАБРУДНЕННЯ ҐРУНТІВ ВАЖКИМИ МЕТАЛАМИ ТА НАФТОПРОДУКТАМИ

До найбільш небезпечних токсинів в Україні, з екоцидними властивостями для ґрунту, належать важкі метали [23]. « Важкі метали » означає групу металів з щільністю більше  $5,0 \text{ г} \times \text{см}^{-3}$  або з атомним номером більше 20 [24]. До них належать різноманітні забруднювачі навколишнього середовища: кадмій (Cd), свинець (Pb), нікель (Ni), хром (Cr), ртуть (Hg), мідь (Cu), цинк (Zn) та інші. Забруднення землі важкими металами пов'язують з наявністю різноманітних джерел техногенних викидів забруднюючих речовин: промислових об'єктів гірничо-металургійної промисловості, хімічного, паливно-енергетичного комплексів, машинобудування, комплексних транспортних систем зокрема і аеропортів. Загальновідомим є факт, що Україна має 187 аеропортів. У зонах їх розміщення спостерігається підвищений вміст таких хімічних елементів, як свинець, цинк, мідь, нікель, кадмій, ртуть, хром, кобальт тощо. Високі концентрації важких металів виявлені в ґрунті міських територій майже по всій центральній та південно-східній Україні. Небезпечним видом техногенного впливу на навколишнє середовище є забруднення двигунами, яке справляє значний вплив на ґрунти та наземні екосистеми та злітно-посадкові смуги. Вихлопні гази двигунів внутрішнього згоряння містять понад 160 шкідливих речовин. При спалюванні бензину пріоритетним забруднюючим речовиною є Pb, дизель - Ni. Вміст Pb у ґрунті на десятиметровій проїжджій частині перевищує фонові значення в 2-7 разів, в окремих випадках на один-два порядки. Токсичність важких металів обернено пропорційна рН ґрунтового розчину . У разі підвищення кислотності ґрунту елементи важких металів переходять із нерозчинних солей у іонну форму і стають доступними для засвоєння рослинами [25]. Нажаль, накопичення важких форм важких металів та алюмінію в ґрунті стає загрозливим, важливо вивчати взаємодію цих елементів з

живою клітиною з метою вивчення їх мутагенного потенціалу та механізмів цитотоксичності. Зазначається можливість токсичних металів порушувати метаболічну активність клітин кількома різними способами. Зв'язуючись із сульфгідрильними групами, вони призводять до конформаційних змін у білках та блокують активні центри ферментів [26]. Цитотоксичність металів може проявлятися в заміщенні необхідних кофакторів і викликати дефіцит макроелементів. Радіус іонів металу залежить від того, іони яких основних елементів будуть конкурувати за внутрішньоклітинні місця зв'язування.

Для нафтопродуктів ґрунт вважається забрудненим, коли концентрація в них (НП) досягає значення, при якому починаються негативні екологічні зміни в природних екосистемах: порушується стан екологічна рівновага в ґрунті, гинуть живі організми, знижується продуктивність біомаси настає загибель рослин, фізичні та морфологічні властивості ґрунту змінюються, їх родючість знижується, виникає небезпека забруднення підземних і поверхневих вод. Після перевищення потенціалу самоочищення ґрунт вважається забрудненим до небезпечного рівня.

### **3.1. Морфологічні зміни рослин**

Рослини є важливою складовою біогеоценозу та суттєво впливають на інші його компоненти, беруть участь у формуванні ґрунтового покриву, впливають на хімічний склад і родючість ґрунту, а також існування всіх живих організмів, реагуючи на всі зовнішні фактори. Рослини чутливі до зовнішніх умов. При достатньо високій концентрації забруднюючих речовин багато з них пошкоджують листя, а при збільшенні кількості забруднюючої речовини за короткий час можливе значне ураження рослини. Внаслідок некрозу (відмирання тканин) його коло змінюється від сірого до коричневого, а в процесі старіння він може втратити колір або вигоріти. Хронічне ураження рослин виникає внаслідок впливу малих концентрацій речовин протягом тривалого періоду часу. Ознаками хронічного ураження є бронзове фарбування листя, хлороз (зміна кольору), та передчасне старіння. Також, рослини здатні поглинати певні забруднювачі в надмірно великих

кількостях, тобто. що процеси накопичення або концентрації в них інтенсивніше, ніж у навколишньому середовищі.

Той факт, що в переважній більшості випадків вони також канцерогенні, важливий для характеристики мутагенів. Це пов'язувало проблему мутацій (мутації ДНК в гаметах і соматичних клітинах) з проблемами злоякісності (наслідки специфічних змін ДНК в соматичних клітинах). Серед рослинних тест-систем (табл.3) важливе місце займає *Allium test* (тест за допомогою цибулі), який забезпечує швидкий скринінг біологічно небезпечних речовин. Відомо, що коренева система цибулі (*Allium cepa* L.) особливо чутлива до шкідливого впливу забруднень ґрунту. Крім того, великий розмір клітини, чітка морфологія хромосом та їх відносно невелика кількість ( $n = 8$ ) роблять цей об'єкт ідеальним для цитогенетичних досліджень [27].

**Рослинні тест-системи (Міхєєв О.М., Гуца М.І., Шиліна Ю.В.,  
Овсяннікова Л.Г) [27]**

<b>Тест-системи</b>	<b>Морфологічні, анатомічні, фізіолого-біологічні параметри</b>	<b>Цитогенетичні параметри</b>
Пилок рослин	Морфологія пилкових зерен	Стерильність пилку
Пиляки бутонів та квіток		Мейоз у мікроспорогенезі, кількість аномалій
Перший справжній листок	Довжина листка, анатомічні аномалії	Цитологічні пошкодження
Корені проростків	Швидкість росту коренів, утворення бічних коренів, об'єм кореневої системи	
Алікальна меристема первинного кореня проростків		Мітотичний індекс Хромосомні аберації
<i>Tradescantia</i> - Волоски тичинкових ниток (ВТН-тест) - Апікальна меристема коренів		- Рецесивні мутації зі зміною забарвлення клітин тичинкових волосків - Мітотичний індекс, Хромосомні аберації
Вегетативні корені рослин	Довжина коренів Висота стебел рослин Коефіцієнт галуження коренів та стебел Кількість утворених метамерів	
Листки рослин	Структурно-функціональний стан фотосинтетичного апарату листків рослин	
Рослини ряски	Утворення дочірніх щитків, гальмування їх утворення та зміна кількості	
Протонема мохів	Швидкість росту	
Культура ізольованих коренів, колеоптилів	Швидкість росту коренів, колеоптилів	
Культура клітин	Приріст біомаси	Мітотичний індекс Хромосомні аберації
Цілісна рослина	Біомаса рослин, кількість утворених квітконосів, суцвіть, квіток	
Плоди	Маса плодів, кількість утвореного насіння	

Для рослин вплив токсикантів є особливо відчутним, на листках з'являються

бурі плями, воно жовтіє, а потім опадає . Важкі метали викликають в середині літа інтерстиціальний хлороз з наступним почервонінням листя на деревах, що ростуть поблизу джерела. Вражають вони практично всі рослини. Наприклад, особливо чутлива до ртуті троянда, листя якої покриваються коричневими плямами, жовтіють, а потім опадають, молоді бутони буріють і опадають.

Типовою реакцією, яка вказує, що рослина піддавалась хімічному впливу є інтерстиціальний і крайовий хлороз з наступним некрозом, що проявляється зміною кольору від жовтого, коричневого, червоного до чорного. Межі некротичних ділянок можуть бути від білого до кремового кольору. Ознаками ураження вважають появу плям від червонувато-коричневого до чорного, а також плямистість листя, причому плями облямовані смугою білого або кремового кольору [28].

Вплив пропілену, який входить до паливних речовин на рослину подібний до дії етилену, але він обумовлений більш високими концентраціями. Пропілен пригнічує цвітіння хризантем, уповільнює вертикальне зростання, але стимулює появу листя. Рослини, уражені пропіленом, мають менші, але товстіші листя, здійснює некроз кінчиків голок і кров'янисті виділення. Етилен ( $C_2H_4$ ) є природним рослинним гормоном, який утворюється при пошкодженні рослин різними забруднювачами повітря. Він впливає на процеси цвітіння, дозрівання плодів , старіння та опадання. Етилен також присутній у вихлопних газах транспортних засобів і є забруднювачем. Ознаки пошкодження рослин етиленом включають погіршення індикації та біотест забруднених ділянок, ріст, передчасне старіння та опадання листя, погіршення цвітіння, передчасне розкриття бруньок, повільне цвітіння, скручування, колір листя змінюється від білого до коричневого, від верхньої частини листа до низу. Прозора темно-коричнева смуга відокремлює мертву тканину рослини від живої. Хвойні мають хвою з «обпаленими» краями або «обпалені» повністю. Особливістю полутантів є їх здатність накопичуватися в листках, особливо на краях і верхівках. Аналіз тканини листя використовується для оцінки ступеня ураження рослин [28].



### **3.2. Механізм поглинання важких металів та вуглеводнів нафтопродуктів рослинами**

Через особливостями в сприйнятті на забруднювачі рослини поділяють на рослини-індикатори та рослини-моніторинги. Індикаторна рослина – рослина, на якій виявлені ознаки пошкодження при впливі фітотоксичних концентрацій забруднюючих речовин або їх сумішей. Індикаторна система являє собою хімічний датчик, який може виявити наявність забруднюючої речовини в повітрі, але спостереження за ним не дозволяють отримати дані про його кількість. Рослини можуть накопичувати важкі метали в кількостях, що значно перевищують їх концентрацію в навколишньому середовищі. Тому поява типової ознаки ураження рослин свідчить про наявність повітря та забруднюючих речовин або їх сумішей. Враховуючи важливість кількісної оцінки, організми, які так чи інакше реагують на кількість забруднюючих речовин у навколишньому середовищі, тобто. стежить за рослинами, особливо інформативно. Рослина-монітор - це система ознак пошкодження, за якою можна отримати інформацію про кількість забруднюючих речовин або їх сумішей у навколишньому середовищі. Поєднання інструментальних методів моніторингу з низькими спостереженнями дасть можливість встановити зв'язок між їх зростанням і концентрацією хімічних сполук. Швидкість зростання та колір рослини вказують на наявність або відсутність токсиканта і його приблизну концентрацію в повітряних масах. Важкі метали проникають через листя або пошкоджені покривні тканини. Дрібні частинки лишаються на листках, що знижує поглинання світла і, як наслідок, фотосинтез, негативно впливає на запилення квіток, розмір і стан листя [29]. Важкі метали з атмосфери, які осідають на рослині та мають здатність верхніх шарів ґрунту, звідки вони можуть потрапити в рослину. Найпоширенішим металом, який здатний потрапити до рослинних організмів та ґрунт, є свинець. Він накопичується в ґрунті, але немає чітких доказів того, що він впливає на рослину. Його вміст у рослинах незначний, бл. 0,001-0,002% маси золи. Цинк, кадмій, мідь викликають в середині літа інтерстиціальний хлороз з наступним почервонінням листя дерев, що ростуть поблизу джерела.

### 3.3. Порушення фотосинтетичного апарату

Важкі метали викликають хлороз у листках, які є місцем накопичення ВМ. Хлороз проявляється у вигляді хлоротичних плям, некрозу [30]. Зниження хлорофілу може бути біоіндикатором забруднення важкими металами, а кількість хлоропласту в мезофільній клітині може бути показником продуктивності фотосинтезу [31]. Для багатьох культурних рослин характерним було зниження рівня фотосинтезу на 50 % під впливом іонів Cd. Фотосистема II є найбільш чутливою частиною фотосинтетичного ланцюга транспорту електронів до впливу важких металів. Кадмій має більший вплив на світлову фазу фотосинтезу, а фотосистема II пошкоджується більше, ніж фотосистема I. Відомо, що енергетичні властивості процесу фотосинтезу є важливим показником апарату фотосинтезу [32]. В умовах забруднення навколишнього середовища іонами важких металів спостерігається зменшення роботи як з циклічним, так і з нециклічним потоком електронів. Нециклічний транспорт пошкоджується більше, ніж циклічний, що призводить до зниження синтезу АТФ. Збільшення накопичення ВМ у листках призводить до гальмування первинних реакцій, зниження транспорту електронів, гальмування утворення АТФ. Була виявлена така кореляція: чим більш забруднене середовище ВМ, тим сильніше пригнічення первинних фотосинтетичних реакцій [33]. Чутливість хлоропластів до факторів навколишнього середовища виражається у різниці між розмірами структур та їх кількістю. Значний вміст кадмію помітно змінюють структурну організацію хлоропластів, контролюючи їх токсичний вплив на ліпідну мембрану тилакоїду, тим самим підвищуючи її проникність. Зниження кількості хлоропластів та їх розміру є показником зниження фітогормональної активності, а саме зниження активності цитокінів, що регулюють розміри, кількість хлоропластів, розвиток зерен, тилакоїдів. Такі зміни спостерігаються для впливу ВМ на сприйнятливі види рослин і для впливу на толерантні види – підтримання фітогормональної активності на оптимальному рівні [33]. Ознака, яка вказує на токсичну дію ВМ, а саме кадмію, є ознака дефіциту магнію – найважливішого компонента хлорофілу. Є також факти, що зміна функції хлорофілу може бути

пов'язана із заміною центрального атома магнію важким металом. Це було досліджено у водному середовищі за присутності кадмію та нікелю. Магній був замінений відповідним металом, що призвело до порушення функцій концентрації світла. Низьке освітлення робить центральне ядро більш доступним для ВМ, а при високому освітленні – навпаки [33]. Зауважимо, що оптимальне співвідношення хлорофілу а до б має важливе значення для нормального функціонування апарату фотосинтезу. Переважно комплекс FS II включає 200 молекул хлорофілу а, 100 молекул хлорофілу б, а також каротиноїди з іншими важливими компонентами. Зміна цього співвідношення спричиняє зміни функції фотосинтетичного апарату, і ці зміни можуть характеризувати стійкість рослини. Накопичення металів у листках зменшує кількість хлорофілу а та пригнічує його синтез, зауважимо, що цей тип пігменту більш чутливий до забруднюючих речовин, а хлорофіл б — більш стійкий, хоча ці факти до кінця не вивчені. Проте гальмування біосинтезу як хлорофілу а, так і хлорофілу б може бути викликано окисленням сульфгідрильних груп елементів і безпосереднім впливом ВМ на ці групи.

### **3.4. Вплив на схожість насіння, чутливість і життєздатність рослин**

Отримані суперечливі результати щодо впливу паливно-мастильних матеріалів на проростання насіння рослин. Деякі дослідження відзначають відсутність впливу паливного забруднення на проростання насіння. У польових умовах нафтове забруднення ґрунту зазвичай негативно впливає на схожість у лабораторних умовах негативний вплив слабший. Цей негативний ефект пояснюється не тільки токсичністю олії, а й набуттям ґрунтом гідрофобних властивостей, крім того, вуглеводневі олії сорбуються на поверхні насіння, що перешкоджає надходженню до нього води [34]. Сьогодні науковці використовують водні екстракти для перевірки ґрунту. У більшості випадків еталонним об'єктом, для якого оцінюють токсичність, є дистильована вода. Однак проведення фітотесту на водних екстрактах може недооцінити результати токсичності [35]. Аналіз водної витяжки із забрудненого ґрунту не повністю відображає ступінь потенційної небезпеки забруднених зразків,

тому що деякі токсиканти зв'язуються в ґрунті і не розчиняються. Також необхідним є розподіл частинок досліджуваного об'єкта за розміром. Зрозуміло, що при однаковій концентрації речовини токсична дія глиняних предметів буде менше, ніж піску через меншу доступність токсичних компонентів для рослин. Відомо, що токсичність ґрунту, більш впливає на проростання насіння при висадці безпосередньо до субстрату ніж висадка проведена на водну витяжку із забрудненого ґрунту. Тому можна впевнено заявити, що швидкість проростання насіння на ґрунті забрудненому нафтопродуктами та важкими металами суттєво знижується.

### **3.5. Висновки до розділу**

Отже, рослини є перспективними тест-об'єктами для біомоніторингу через їх високу чутливість до змін навколишнього середовища, що відбуваються під впливом техногенних факторів. Використовуючи рослини та їх групи, можна оцінити наслідки та наслідки техногенного впливу на ґрунтові покриви, обрати ефективні заходи щодо організації екологічного моніторингу та запобігання надмірному впливу на середовище. Простота отримання результатів та їх пояснення, також висока чутливість рослин та їх вартість робить перспективними використання рослинних тест-об'єктів для діагностики та оцінки токсичності забрудненого важкими металами та нафтою ґрунту.

## РОЗДІЛ 4.

### ЦИТОГЕНЕТИЧНИЙ МОНІТОРИНГ СТАНУ НАВКОЛИШНЬОГО СЕРЕДОВИЩА ТЕХНОГЕННОГО НАВАНТАЖЕННЯ ТЕРИТОРІЇ ( НА ПРИКЛАДІ АВІАПІДПРИЄМСТВ)

В даний час спостерігається глобальне забруднення техногенними продуктами (важкими металами та нафтопродуктами), які потрапляють у навколишнє середовище, у тому числі в результаті роботи аеропортів. Ці речовини мають підвищену токсичну активність і становлять небезпеку для живих організмів, а саме для процесів їх життєдіяльності та функціонування систем органів.

Середовище проживання живих організмів може містити як природні, так і штучні токсини, спеціально для своєї роботи я використовував дані про забруднення ґрунтів на території аеропорту в Україні, що призвело до необхідності виявити вплив нафтопродуктів та важких металів на цих територіях, проаналізувати механізми дії та розробити методи запобігання хімічним забрудненням.

Цитогенетичний моніторинг — процедура визначення токсичності та впливу на біологічні об'єкти певних хімічних сполук, проб води, ґрунту та повітря на основі кількісних оцінок змін життєдіяльності та зовнішнього вигляду.

Цитогенетичні дослідження рослин проводяться з метою ранньої діагностики змін рівня забруднення ґрунту.

Технологія — експеримент, що виконується відповідно до певних методичних вимог. Експерименти, що визначають токсичність, називаються біопробами (біоаналіз, біотестування).

Біологічні дослідження проводяться в лабораторних умовах, а також безпосередньо в природних умовах, наприклад, поблизу скидів стічних вод. Серед тест-об'єктів є види-індикатори, що мають універсальне значення, та репрезентативний вид, характерний для певних екосистем.

Основним завданням цитогенетичного моніторингу є реєстрація під впливом техногенних факторів змін у структурі генофонду, морфологічних змін рослинності

та прогнозування темпів його перебудови [36]. Цитогенетичний моніторинг можна використовувати не тільки як невід'ємну частину генетичного моніторингу, але і в якості тесту для виявлення складу та вмісту хімічних речовин.

У сфері екологічного моніторингу він доповнює генетичні дані та результати досліджень впливу забруднюючих речовин і вирішує дві задачі: створити повну картину у вивченні біологічних наслідків забруднення, оцінити значення техногенного впливу на стабільність видів рослин, від яких залежить їхня продуктивність.

Висока ефективність тест-систем рослин пояснюється низкою переваг перед тестами на інших організмах, серед яких найважливішими є:

- Тести відносно недорогі, недовговічні, прості у використанні, мають високу чутливість;
- для них розроблено та стандартизовано відповідні методи;
- вони не потребують складного лабораторного обладнання, тому використання систем випробувань заводів є особливо перспективним у країнах, що розвиваються;
- в дослідженнях можна використовувати як окремі речовини, так і складні комплекси сумішей за різних умов навколишнього середовища, рН, температури;

#### **4.1. Рослини як тест-системи для екологічної оцінки забруднених територій**

Рослини є найзручнішими об'єктами для біомоніторингу ґрунту, оскільки вони є первинними ланками харчового ланцюга, відіграють головну роль у поглинанні різноманітних забруднюючих речовин і постійно піддаються впливу при їх зчепленні з субстратом. Їх головні характеристики доступність, легкістю вирощування, високою чутливістю до різноманітних забруднюючих речовин, здатністю оцінити загальний вплив шкідливих речовин на ґрунтову екосистему. Проведені з їх допомогою дослідження короточасні, прості у виконанні, не

потребують складного лабораторного обладнання [37]. Рослини є недорогим біологічним матеріалом, який не потребує особливих умов у живильному середовищі на початковому етапі вирощування, оскільки проростки та насіння містять необхідну кількість ростових речовин. Через генетичну гетерогенність рослин їх різні види та сорти реагують на забруднювачі відмінним чином. Певні види тест-об'єктів можуть певним чином реагувати на вплив лише одного хімікату, інші на дію двох та більше речовин, деякі не реагують взагалі, або їх реакція дуже слабка або неоднозначна [38]. Тому під час виборі виду рослини, щоб використовувати його як об'єкт для біомоніторингу, необхідно звернути увагу на певні характеристики – наявність чіткої реакції на забруднювач, а саме видимих ознак ураження, зміни швидкості росту, морфологічних змін, цвітіння, порушення, зміни продуктивності. Доцільно вибирати рослини невибагливі до умов вирощування та догляду та менш сприйнятливі до шкідників і хвороб [39]. Для оцінки ступеня зміни морфологічних параметрів досліджуваної рослини проводяться спеціальні біопробы для визначення забруднення навколишнього середовища забруднювачами. Існують різні підходи та методики біотестування. В основному фітотести об'єднують в три групи методів: лабораторні, вегетативні та мікророзподільні. Лабораторні методи фітотестування, як найбільш виразні та економічні, особливо актуальні в екологічному контролі. Є публікації, що вказують на їх більш високу чутливість порівняно з мікрорайонними та вегетативними, оскільки лабораторні методи дозволяють дослідження в контрольованих умовах, що забезпечує їх високу надійність [40].

Існує багато рекомендацій щодо використання різних видів рослин. Дослідниками використовується насіння пшениці для екологічної оцінки забрудненого ґрунту, у лабораторних умовах пропонують використовувати для цієї мети насіння вівса, оскільки, за словами розробників, воно давало найбільш стабільні та відтворювані результати порівняно з насінням інших культур. Багато робіт вітчизняних та зарубіжних авторів показали ефективність насіння крес-салата. Він один з найбільш популярних тест-об'єктів для дослідження ґрунту, природних і техногенних субстратів, впливу синтезованих хімічних речовин та їх сумішей. Ця

тест-культура є інформативною при забрудненні навколишнього середовища забруднювачами різного типу (важкі метали, вуглеводні, нафтопродукти) та при комплексному забрудненні. Також описується методика визначення сумарної токсичності ґрунту за допомогою насіння редьки, що викликано високою чутливістю насіння до токсичних речовин [41]. Редис також використовують для оцінки фітотоксичності забрудненого нафтою ґрунту. Для визначення токсичності реактивного палива та 27 гербіцидів використовують сорго і боби. Для визначення токсичності фенолів і хлорфенолів використовують корінь проса. Ефективність використання насіння цибулі як ефективної тест-культури для вивчення токсичної дії широкого спектру хімічних речовин, у тому числі забруднення нафтою [42].

Відповідно до міжнародного стандарту ISO 11269-1 ячмінь рекомендований для біотестування. При цьому зазначено, що можна використовувати насіння інших рослин. Міжнародний стандарт ISO 11269-2 регламентує вибір принаймні двох видів рослин, один повинен бути однодольним, а інший дводольний. Слід зазначити, що насіння різних видів дають вибірккову реакцію на деякі види забруднюючих речовин. У публікаціях зарубіжних дослідників цей факт вказується щодо чутливості насіння салату, сорго та гірчиці до ґрунтів, забруднених комплексом важких металів та нафтопродуктів, у тому числі поверхнево-активних. Також показано, що сорго цукрове однодольна рослина, є більш чутливим до забрудненого нафтою ґрунту. Інші дослідження фітотестів забруднень (відходи фосфогіпсу, біоґрунт, наноматеріали), проведені на насінні білої гірчиці, показали можливість використання цієї культури, оскільки вона показала хорошу схожість і відтворюваність результатів у експериментах. Токсичність рослин бурих і сірих лісових ґрунтів, забруднених нафтою, досліджували за допомогою трьох рослин: крес-салат, гірчиця, жито [43]. Для гірчиці звичайної встановлено кореляцію між дозою забруднення ґрунту та зміною тест-реакцій, що дозволило авторам рекомендувати гірчицю звичайну як тест-культуру для діагностики забрудненого нафтою ґрунту.



#### 4.2. Експериментальне дослідження впливу хімічного забруднення ґрунту, відібраного на території поблизу аеропорту

Наступним етапом роботи було експериментальне дослідження впливу хімічного забруднення ґрунту, відібраного на території поблизу аеропорту, на інтенсивність клітинних поділів в меристемі коренів проростків цибулі.

Насіння цибулі було пророщене у чашках Петрі протягом 3 діб за стандартною методикою (рис. 4.1) на пробах ґрунту, відібраних на відстанях 5м, 500м, 1000м та 1500м від ВПП та контрольний зразок ґрунту, відібраний у парковій зоні.

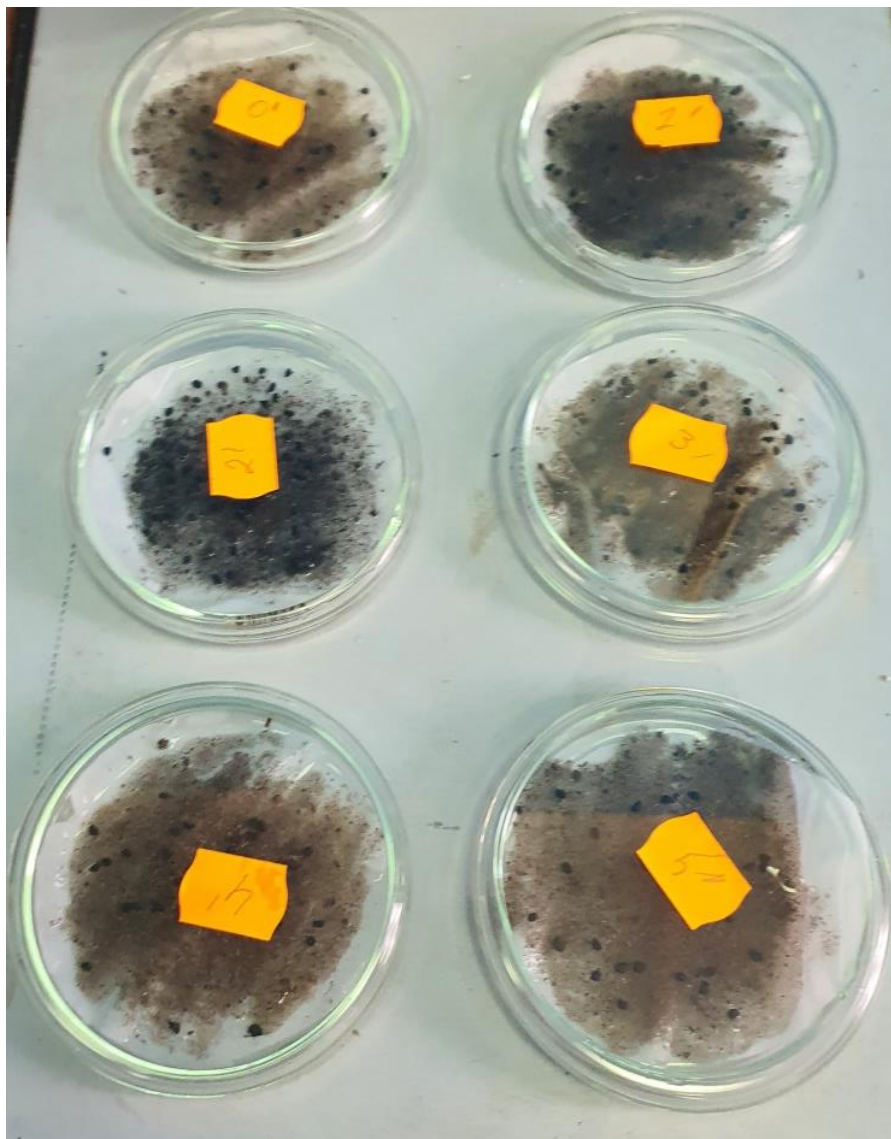


Рис. 4.1. Пророщування насіння цибулі (*Allium cepa*) в чашках Петрі

Результати біотестування зазначених проб ґрунту вказали на залежність ростових характеристик проростків цибулі у залежності від відстані до аеропорту (рис. 4.2). Що свідчить про різний рівень хімічного забруднення проаналізованих проб ґрунту.



Рис. 4.2. Досліджуваний зразок після пророщування в чашках Петрі

Для приготування давлених препаратів меристеми відрізали кінчики корінців довжиною 2 - 3 мм і поміщали їх у фіксатор Кларка (співвідношення абсолютного або 96 % -ного етилового спирту та льодяної оцтової кислоти 3:1). Об'єм фіксатора брали з розрахунку 1,5 - 2,0 мл на 10 кінчиків корінців. Час витримування корінців у фіксаторі був не менше 2 годин (рис.4.3)



Рис. 4.3.кінчики корінців цибулі у фіксаторі Кларка

З фіксатора матеріал перекладали в тигельок зі свіжоприготованим барвником - ацетоарсеїном або ацетокарміном (4 - 5 г арсеїну або карміну розчиняють в 100 мл 50 %-ного розчину льодяної оцтової кислоти, суміш підігрівають протягом 3 годин на водяній бані і після охолодження дають відстоятися кілька годин та фільтрують). На 9 частин барвника додавали 1 частину 1 М соляної кислоти.

Фарбування з одночасним гідролізом проводили протягом 25 - 30 хвилин при багатократному підігріванні тигелька з матеріалом на спиртівці. Забарвлені зразки промивали на предметному скельці кількома краплями 45 %-ної оцтової кислоти. Потім готували власне препарати: від корінця відділяли меристемну зону (3 - 4 мм від кінчика кореня) і поміщали матеріал в краплину 45 %-ної оцтової кислоти; препарат накривали покрівним скельцем і, придавлюючи його, обережно сплющували (рис.4.4). З метою запобігання підсихання препаратів по периметру покрівного скельця їх змащували гліцерин-желатиновою сумішшю.



Рис. 4.4. Підготовлений для дослідження препарат

Приготований препарат досліджують під мікроскопом для визначення кількості мітотичних клітин. В кожному препараті підраховували 500 - 600 клітин і визначали процент клітин, що діляться, по відношенню до всіх проглянутих клітин - *мітотичний індекс* (МІ), який характеризує інтенсивність клітинного поділу.

Для одержання достовірних даних підрахунки проводили в 3 повторностях на різних корінцях.

Серед досліджених зразків встановлено наявність мітотичних клітин лише у зразку кінчеку кореня цибулі, пророщеній на пробі ґрунту, відібраній на відстані 5 м від аеропорту (рис. 5). *Мітотичний індекс* (МІ) для даної проби ґрунту становить 0,2.

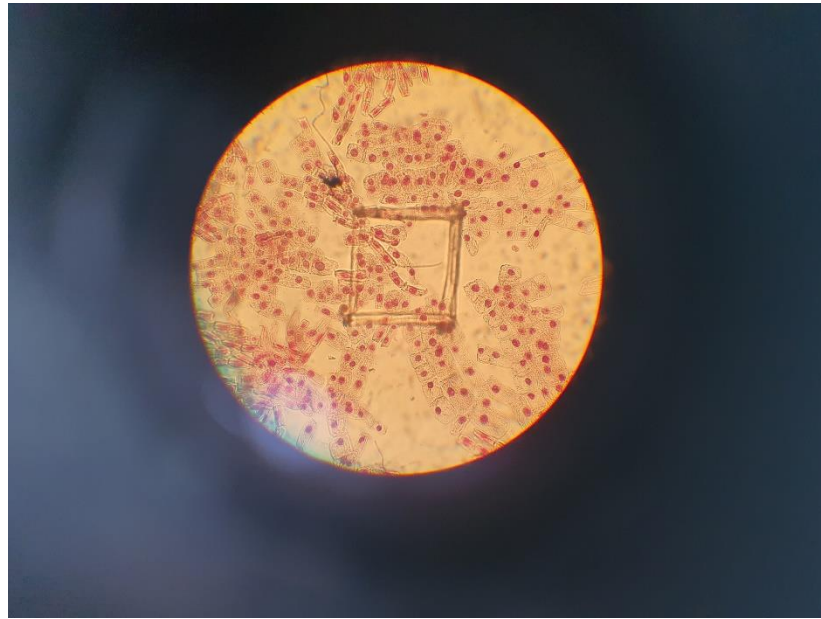


Рис. 4.5. Препарат, збільшений під мікроскопом

Під мікроскопом досліджували клітини, які знаходяться на стадії поділу (метафази, анафази і телофази) та відмічали кількість клітин з аномальним розподілом хромосом (несиметричний розподіл, хромосомні розломи, містки, фрагменти). Здійснили підрахунок Підраховують кількості клітин з ядерними перебудовами (аномальними мітозами), що знаходяться на стадіях анафази і метафази. Одержані показали наявність клітин з ядерними перебудовами в анафазі і метафазі лише у зразку, пророщеному на ґрунті, що був відібраний на відстані 5 м від території аеропорту. Що свідчить про високий рівень забруднення даного зразка ґрунту.

### 4.3 Висновки до розділу

Отже, перспективним підходом є використання в якості фітотестів кількох видів рослин, які з більшою ймовірністю вловлюють «мінімально» активний токсичний компонент в умовах комплексного забруднення навколишнього середовища. Однак слід зазначити, що сприйнятливість конкретного виду рослин до забруднення часто не включає інші речовини. Незважаючи на велику кількість рослинних тест-систем, питання про можливість використання рослин для біотестування певного класу речовин є відкритим і потребує розробки оптимальних тест-систем для конкретних забруднювачів. Для діагностики та оцінки токсичності забрудненого нафтою ґрунту застосовують такі показники, як висота рослин, кількість, довжина і ширина листків, довжина листочків, кількість і довжина пагонів, кількість квіток, розмір оцвітини, кількість плодів і насіння в плодах, загальна маса рослини та маса її окремих частин тощо. Фізіологічні, біохімічні та цитогенетичні параметри тест-систем рослин придатні для кількісної оцінки впливу факторів щодо техногенного забруднення.

У результаті аналізу результатів експериментальних досліджень встановлено наявність мітотичних клітин лише у зразку кінчику кореня цибулі, пророщеній на пробі ґрунту, відібраній на відстані 5 м від аеропорту (рис. 5). *Мітотичний індекс* (МІ) для даної проби ґрунту становить 0,2. Отже, одержані результати показали наявність клітин з ядерними перебудовами в анафазі і метафазі лише у зразку, пророщеному на ґрунті, що був відібраний на відстані 5 м від території аеропорту. Що свідчить про високий рівень забруднення даного зразка ґрунту.

## ВИСНОВКИ

Внаслідок забруднення територій аеропорту хімічними речовинами відбувається порушення ґрунтових покривів, яке виражається у зміні характеристик верхнього шару літосфери, а саме зміна хімічного складу, морфологічного, зниження родючості, скорочення корисних мікроорганізмів та бактерій, зниження вмісту органічної речовини, виникнення небезпечних ситуацій. Також відбувається втручання до природних міграцій хімічних речовин, вплив на гідросферу через просочування шкідливих хімікатів та вплив на атмосферу зумовлений викидами авіатранспорту та експлуатацією аеропортів.

Для екологічної оцінки ґрунтового покриву використовуються різноманітні методи дослідження. Особливу увагу варто звернути на методики біомоніторингу, а саме біотестування та біоіндикацію. Рослинні тест-системи є перспективним та зручним засобом для проведення досліджень завдяки своїй доступності, вартості та легкості у використанні. Рослинні об'єкти швидко розмножуються та дають величезний спектр характеристик, які дозволяють відслідковувати різноманітні параметри завдяки участі у різних реакціях. Достеменно не відомо на якій стадії росту рослини найбільш чутливі до забруднення, тому даний напрям є перспективним для дослідження ґрунтів, які зазнали хімічного забруднення зокрема нафтопродуктами та важкими металами.

Отже, рослини є перспективними тест-об'єктами для біомоніторингу через їх високу чутливість до змін навколишнього середовища, що відбуваються під впливом техногенних факторів. Використовуючи рослини та їх групи, можна оцінити наслідки та наслідки техногенного впливу на ґрунтові покриви, обрати ефективні заходи щодо організації екологічного моніторингу та запобігання надмірному впливу на середовище. Простота отримання результатів та їх пояснення, також висока чутливість рослин та їх вартість робить перспективними використання рослинних тест-об'єктів для діагностики та оцінки токсичності забрудненого важкими

металами та нафтою ґрунту.

Також, перспективним підходом є використання в якості фітотестів кількох видів рослин, які з більшою ймовірністю вловлюють «мінімально» активний токсичний компонент в умовах комплексного забруднення навколишнього середовища. Однак слід зазначити, що сприйнятливість конкретного виду рослин до забруднення часто не включає інші речовини. Незважаючи на велику кількість рослинних тест-систем, питання про можливість використання рослин для біотестування певного класу речовин є відкритим і потребує розробки оптимальних тест-систем для конкретних забруднювачів. Для діагностики та оцінки токсичності забрудненого нафтою ґрунту застосовують такі показники, як висота рослин, кількість, довжина і ширина листків, довжина листочків, кількість і довжина пагонів, кількість квіток, розмір оцвітини, кількість плодів і насіння в плодах, загальна маса рослини та маса її окремих частин тощо. Фізіологічні, біохімічні та цитогенетичні параметри тест-систем рослин придатні для кількісної оцінки впливу факторів щодо техногенного забруднення.

У результаті аналізу результатів експериментальних досліджень встановлено наявність мітотичних клітин лише у зразку кінчику кореня цибулі, пророщеній на пробі ґрунту, відібраній на відстані 5 м від аеропорту (рис. 5). *Мітотичний індекс* (МІ) для даної проби ґрунту становить 0,2. Отже, одержані результати показали наявність клітин з ядерними перебудовами в анафазі і метафазі лише у зразку, пророщеному на ґрунті, що був відібраний на відстані 5 м від території аеропорту. Що свідчить найбільший високий рівень забруднення даного зразка ґрунту та підтверджує наявність техногенного впливу на стан ґрунтів на територіях, прилеглих до аеропорту.

## СПИСОК БІБЛЮГРАФІЧНИХ ПОСИЛАНЬ ВИКОРИСТАНИХ

### ДЖЕРЕЛ

1. Авиационная экология. Воздействие авиационных горюче-смазочных материалов на окружающую среду. Учебное пособие / Л. П. Яновский и др. Москва: Инфра-М, 2016. 180
2. Моніторинг довкілля : підручник. В. М. Боголюбов та ін. ; під ред. В. М. Боголюбова. 2-е вид., перероб. і доп. Вінниця : ВНТУ, 2010. 232 с.,
3. ] Маджд С. М., Франчук Г. М. Біологічні методи оцінки екологічного стану ґрунтів біля авіапідприємств. Екологічна безпека та природокористування. 2012. Вип. 11. С. 49–52. 6.
4. Маджд С. М., Кальницька Д. Д. Визначення категорій екологічних аспектів підприємств цивільної авіації (на прикладі міжнародного аеропорту «Бориспіль»)
5. Семенченко П.М. Практика экономического регулирования и охраны окружающей среды /Приаз. гос. техн. ун-т. - Донецк, 1997. - 39с.
6. Постанова Кабінету Міністрів України від 20.08.1993 № 661 «Про затвердження Положення про моніторинг земель»
7. Постанова Кабінету Міністрів України від 26.02.2004 № 51 «Про затвердження Положення про моніторинг ґрунтів на землях сільськогосподарського призначення»
8. Научная библиотека диссертаций и авторефератов disser Cat <http://www.dissercat.com/content/otsenka-i-normirovanie-ekologicheskogo-sostoyaniya-pochv-norilskogo-promyshlennogo-raiona#ixzz3eI4oNhUg>.
9. Звягинцев Д.Г. Биология почв и их диагностика / Д. Г. Звягинцев // Изменения биологической активности почв при загрязнении тяжелыми металлами // Вестник Воронежского.ун-та. – 2005. – № 1. – 45–52



10. Казеев К.Ш. Биологическая диагностика и индикация почв: методология и методы исследований / К.Ш. Казеев, С.И. Колесников, В.Ф. Вальков.- Ростов на Дону: Издательство РГУ, 2003. – С. 21, 33, 136, 156.
11. Ковда В. А. Екологічний моніторинг: концепція, принципи організації / В. А. Ковда, А. С. Керженцев // Регіональний екологічний моніторинг. – М.: Наука, 1983. – 264 с.
12. Мэнинг У. Дж., Фелер У.А. Биомониторинг загрязнения атмосферы с помощью растений. - М.: Гидрометеиздат, 1985. - 143с.
13. Биоиндикация загрязнений наземных экосистем. Пер. с нем. /Под ред. Р. Шуберта. - М.: Мир, 1988. - 348с
14. Акимова Т.А., Хаскин В.В. Экология. Учебник для вузов. - М.: ЮНИТИ, 1998. - 455с.
15. Джура Н. Екотоксикологічний моніторинг нафтозабруднених ґрунтів / Н. Джура, Л. Шевчик, О. Романюк, О. Терек // Молодь і поступ біології: Збірник тез VIII міжнар. конф. студентів та аспірантів (м. Львів, 5-8 квітня 2011 р.). – Львів, 2011. – С. 318-319. 57
16. Джура Н. М. Можливості використання рослинних тест-систем для біомоніторингу нафтозабруднених ґрунтів / Н.М. Джура // Біологічні Студії / Studia Biologica. – 2011. – Том 5, №3. – С. 183-196.
17. Джура Н. М. Вплив нафтового забруднення на вміст макро- та мікроелементів у рослинах *Carex hirta* L. / Н. М. Джура, О. М. Цвілинюк, О. І. Терек // Укр. ботан. журн. – 2007. Т. 64, № 1. – С. 122-131.
18. Джура Н. М. Перспективи фітореMediaції нафтозабруднених ґрунтів рослинами *Faba bona Medic.* (*Vicia faba* L.) / Н. М. Джура // Вісник Львівського університету. Сер. біол. – 2011. – Вип. 57. – С.117-124
19. Diez T. Schwermetallgehalte und Schwermetallanreicherung in landwirtschaftlich genutzten Boden Bayerns / T. Diez, H. Krauss // Bayer. Landwirt. Jahrb. – 1992. – Bd. 69, N 3. – S. 343–355.

20. Головатый С. Е. Зависимость между содержанием тяжелых металлов в почве, растениях и концентрацией их в цельном молоке // Почвенные исследования и применение удобрений. – Вып. 24. – Мн., 1997. – С. 182–188.
21. Алексеев Ю. В. Тяжелые металлы в почвах и растениях. – Л.: Агропромиздат, 1987. – 140 с
22. Ачасова А. Просторова неоднорідність вмісту важких металів у ґрунті // Вісник аграрної науки. – 2003. – № 3. – С. 77–78.
23. Бреславец А.І. Техногенно забруднені ґрунти та шляхи їх поліпшення. Проблеми охорони навколишнього природного середовища та екологічної безпеки: зб. наук. пр. / під ред. Г.Д. Коваленко. Харків: Райдер, 2009; 31: 189–202.
24. Kabata-Pendias A. Trace Elements in Soils and Plants. CRC Press, 2011. 520 p., 28 Morais S., Costa F.G., Pereira M.L. Heavy Metals and Human Health. Environmental Health – Emerging Issues and Practice / Ed. by J.Oosthuizen. InTech, 2012: 227–246.
25. Kumari M., Sinha V.K., Srivastava A. et al. Cytogenetic effects of individual and combined treatment of Cd<sup>2+</sup>, Cu<sup>2+</sup> and Zn<sup>2+</sup> in *Vigna radiata* (L.) Wilczek. J. Phytol, 2011; 3: 38–42.. Salam A.K., Helmke P.A. The pH dependence of free ionic activities and total dissolved concentrations of copper and cadmium in soil solution. Geoderma, 1998; 83: 281–291.
26. Van Assche F., Clijsters H. Effects of metals on enzyme activity in plants. Plant Cell Environ, 1990; 13: 195–206.
27. Горовая А.И., Бобырь Л.Ф., Дигурко В.М., Скворцова Т.В. Методические аспекты определения мутагенного фона и генетического риска для человека и биоты от действия мутагенных экологических факторов // Цитология и генетика. – 1996. – № 6. – С. 78-86.
28. Клименко М. О., Прищепя А. М., Вознюк Н. М. Моніторинг довкілля: Навч.Посібник-Рівне:УДУВГП,2004-232с.9. Кормиков И.И. Адаптация растений к условиям техногенно загрязненной Среды. - К.: Наукова думка, 1996. - 238с.

29. Шуберт Р. Биоиндикация загрязнений наземных экосистем. – М.: Мир, 1988. – 348 с
30. Титов А.Ф., Таланова В.В., Казнина Н.М., Лайдинен Г.Ф. Устойчивость растений к тяжелым металлам. Науч. Центр., 2007; -170с.
31. Гетко Н.В. Растения в техногенной среде. Наука и техника., 1989; 209.
32. Тарчевский И.А., Адрианов Ю.И. Содержание пигментов как показательная активность фотосинтетического аппарата. Свердловск. Уралськ. Ун-т., 1978; 45–60.
33. Топчій Н.М. Вплив важких металів на фотосинтез. Физиол. и биохим. культур. раст., 2010; 42(2): 95–106. Топчій Н.М. Вплив важких металів на фотосинтез. Физиол. и биохим. культур. раст., 2010; 42(2): 95–106.
34. Киреева Н. А. Детоксикация нефтезагрязненных почв под посевами люцерны (*Medicago sativa* L.) / Н. А. Киреева, Е. М. Тарасенко, М. Д. Бакаева // Агрехимия. – 2004. – № 10. – С. 68-72.
35. Бакина Л. Г. Изменение гумусового состояния городских почв под влиянием нефтезагрязнения / Л. Г. Бакина, Е. Е. Орлова, Н. Е. Орлова // Международный экологический конгресс "Новое в экологии и безопасности жизнедеятельности": доклады конгресса. Т. 2. – СПб, 2000. – С. 185-187.
36. Горова А.І., Скворцова Т.В., Клімкіна І.І., Павличенко А.В., Бучавий Ю.В. Цитогенетичний моніторинг довкілля та здоров'я людини // Вісн. Укр. тов-ва генетиків і селекціонерів. – 2005. – Т. 3, № 1-2. – С. 36-47.
37. Grant W. F. The present status of higher plant for the detection of environmental mutagens / W. F. Grant // Mutation Research.– 1994. – Vol. 310, №2. – P. 175-185
38. Ольхович О. П. Фітоіндикація та фітомоніторинг / О. П. Ольхович, М. М. Мусієнко. – К.: Фітосоціоцентр, 2005. – 64 с
39. Клименко М. О. Моніторинг довкілля: Підручник / М. О. Клименко, А. М. Прищепа, Н. М. Вознюк. – К.: Видавничий центр “Академія”, 2006. – 360с
40. Горова А. І. Оцінка токсичності ґрунтів Червоноградського гірничопромислового району за допомогою ростового тесту / А. І. Горова, С. Л.

Кулина // Вісник Львівського університету, серія Біологія. – 2008. – Вип. 48. – С. 189-194.

41. Блинова З. П. Биотестирование почвенного покрова городских территорий с использованием проростков *Raphanus sativus* // Вестник МГОУ. Серия «Естественные науки». – 2014. – №1 – С. 18-23.

42. Бешлей З. М. Використання рослинних тест-систем для оцінки токсичності техногенно забруднених субстратів / З. М. Бешлей, С. В. Бешлей, В. І. Баранов, О. І. Терек // Вісник Харківського національного аграрного університету. Серія: Біологія. – 2014. – Вип. 1. – С. 97-102..

43. Лисовицкая О. В. Фитотестирование: основные подходы, проблемы лабораторного метода и современные решения / О. В. Лисовицкая, В. А. Терехова // Доклады по экологическому почвоведению. – 2010. – № 1. – Вып. 13. – С. 1-18.