

Міністерство освіти і науки України  
Центральноукраїнський національний технічний університет  
Кафедра "Екології, охорони навколишнього середовища  
та здорового способу життя"

"Допущено до захисту"  
Зав. кафедрою ЕОНСЗСЖ  
к.б.н., доцент  
\_\_\_\_\_ Ольга МЕДВЕДЄВА  
"\_\_\_\_\_" \_\_\_\_\_ 2023 р.

**КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА**  
**за першим (бакалаврським) рівнем вищої**  
**освіти**  
**на тему**  
**“Оцінка стану атмосферного повітря**  
**в м. Кропивницький методом біоіндикації”**

Виконала здобувачка вищої освіти  
\_\_\_\_\_ 4 курсу, групи \_\_\_\_\_ ЕО-19  
ОПП «\_\_\_\_\_ Екологія \_\_\_\_\_»  
спеціальності 101 «Екологія»  
\_\_\_\_\_ Юлія ГУБЕНКО  
«\_\_\_\_\_» \_\_\_\_\_ 2023 р.  
Керівник роботи  
доцент, канд. с.-г. наук  
\_\_\_\_\_ Людмила КОЛОМІЄЦЬ  
«\_\_\_\_\_» \_\_\_\_\_ 2023 р.  
Рецензент канд. с.-г. наук, ст. викл.  
\_\_\_\_\_ Микола КОВАЛЬОВ

Кропивницький 2023

**Центральноукраїнський національний технічний університет**

Факультет Агротехнічний

Кафедра Екології, охорони навколишнього середовища та здорового способу життя

Рівень вищої освіти Бакалавр

Галузь знань 10 Природничі науки

Спеціальність 101 - Екологія

Освітньо-професійна програма Екологія

ЗАТВЕРДЖУЮ

Завідувач кафедри

Ольга Медведєва

«   »     2023 року

ЗАВДАННЯ НА КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ ЗА  
ПЕРШИМ (БАКАЛАВРСЬКИМ) РІВНЕМ ВИЩОЇ  
ОСВІТИ ЗДОБУВАЧКИ ВИЩОЇ ОСВІТИ

Губенко Юлії Миколаївни

(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема роботи

«Оцінка стану атмосферного повітря в м.Кропивницький методом біоіндикації»

2. Керівник роботи

Коломієць Л.В., доцент, к. с.-г. н.

(прізвище, ім'я, по батькові, науковий ступінь, вчене звання)

3. Строк подання роботи до захисту 31.05.2023 р.

4. Мета та завдання кваліфікаційної роботи

Здійснити аналіз стану атмосферного повітря в м.Кропивницький методом біоіндикації

- Здійснити огляд літератури за темою дослідження
- Розглянути можливі варіанти оцінки стану атмосферного повітря в м.Кропивницький
- Проаналізувати стан атмосферного повітря м.Кропивницький методом біоіндикації
- Надати рекомендації щодо вдосконалення системи моніторингу за станом атмосферного повітря в місті

## 5. Консультанти по роботі, із зазначенням розділів роботи

| Розділ          | Консультант                          | Підпис, дата   |                  |
|-----------------|--------------------------------------|----------------|------------------|
|                 |                                      | Завдання видав | Завдання прийняв |
| Основна частина | Доцент, к.с.-г.н., Коломієць<br>Л.В. |                |                  |
| Охорона праці   | Доцент, к.т.н. Лузан П.Г.            |                |                  |

## КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

| № з/п | Назва етапів кваліфікаційної роботи                             | Строк виконання етапів роботи | Примітка |
|-------|-----------------------------------------------------------------|-------------------------------|----------|
| 1     | Огляд літературних джерел за обраною темою                      | 17.04.2023 р.                 |          |
| 2     | Характеристика району дослідження                               | 25.04.2023 р.                 |          |
| 3     | Аналіз сучасних методів моніторингу якості атмосферного повітря | 30.04.2023 р.                 |          |
| 4     | Вибір об'єктів для біоіндикації                                 | 06.05.2023 р.                 |          |
| 5     | Проведення дослідження стану повітря методом біоіндикації       | 17.05.2023 р.                 |          |
| 6     | Розробка заходів з охорони праці                                | 23.05.2023 р.                 |          |
| 7     | Формулювання висновків                                          | 24.05.2023 р.                 |          |
| 8     | Оформлення пояснювальної записки                                | 29.05.2023 р.                 |          |
| 9     | Оформлення слайдів презентації та доповіді                      | 31.05.2023 р.                 |          |

Дата видачі завдання

«\_\_\_» \_\_\_\_\_ 20 р.

Підпис керівника

\_\_\_\_\_

(прізвище та ініціали)

Завдання прийнято до виконання

«\_\_\_» \_\_\_\_\_ 20 р.

Підпис здобувача

\_\_\_\_\_

(прізвище та ініціали)

## **АНОТАЦІЯ**

## **АНОТАЦІЯ**

**Губенко Ю. Оцінка стану атмосферного повітря в м.Кропивницький методом біоіндикації. 101 Екологія. Центральноукраїнський національний технічний університет. Кропивницький. 2023.**

У даній кваліфікаційній бакалаврській роботі здійснено оцінку стану атмосферного повітря м. Кропивницький методом біоіндикації.

Метою роботи є оцінка стану атмосферного повітря методом біоіндикації з використанням деревних рослин.

В процесі виконання поставленої задачі досліджені екологічні проблеми, пов'язані з забрудненням атмосферного повітря в районі регульованого перехрестя. Проведено дослідження щодо оцінки стану повітря за допомогою рослин.

У першому розділі проаналізовано літературу за темою дослідження.

У другому розділі надано характеристику району дослідження.

Третій розділ містить методи дослідження.

У четвертому розділі наведено результати досліджень.

**Ключові слова:** якість атмосферного повітря, забруднення, метод біоіндикації.

## ЗМІСТ

|                                                                                                                                |    |
|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| ВСТУП.....                                                                                                                     | 6  |
| РОЗДІЛ 1. ЗАБРУДНЕННЯ АТМОСФЕРНОГО ПОВІТРЯ В УМОВАХ<br>МІСТА .....                                                             | 9  |
| 1.1. Вплив автотранспорту на стан атмосферного повітря.....                                                                    | 11 |
| 1.2. Хімічні сполуки, які потрапляють в атмосферне повітря міст....                                                            | 12 |
| 1.3. Вплив автотранспорту на ґрунти.....                                                                                       | 17 |
| 1.4. Вплив автотранспорту на рослинний світ.....                                                                               | 20 |
| 1.5. Використання методу біоіндикації для дослідження стану<br>атмосферного повітря.....                                       | 23 |
| РОЗДІЛ 2. ХАРАКТЕРИСТИКА РАЙОНУ ДОСЛІДЖЕННЯ.....                                                                               | 25 |
| РОЗДІЛ 3. МЕТОДИ ДОСЛІДЖЕНЬ.....                                                                                               | 28 |
| РОЗДІЛ 4. ДОСЛІДЖЕННЯ СТАНУ АТМОСФЕРНОГО ПОВІТРЯ<br>МЕТОДОМ БІОІНДИКАЦІЇ.....                                                  | 31 |
| 4.1. Дослідження морфологічних параметрів берези повислої<br>в зоні досліджуваного перехрестя.....                             | 31 |
| 4.2. Дослідження морфологічних параметрів ялини звичайної в<br>зоні впливу досліджуваного перехрестя.....                      | 34 |
| 4.3. Визначення концентрацій газоподібних токсикантів і сажі<br>розрахунковим методом в районі перехрестя, що регулюється..... | 36 |
| РОЗДІЛ 5. ОХОРОНА ПРАЦІ.....                                                                                                   | 43 |
| ВИСНОВКИ .....                                                                                                                 | 51 |
| СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ.....                                                                                                | 53 |

## ВСТУП

### Актуальність теми

Якість повітря безпосередньо впливає на здоров'я людей. Забруднення повітря шкідливими речовинами може призводити до захворювань дихальних шляхів, серцево-судинних захворювань, алергій та інших проблем зі здоров'ям. Дослідження стану повітря дозволяють оцінити рівень забруднення та вжити заходів для його поліпшення.

Стан атмосферного повітря впливає також на екологічну стійкість міста. Забруднення повітря може мати негативний вплив на рослинність, водні ресурси та екосистеми в цілому. Дослідження стану повітря дозволяють виявити джерела забруднення та прийняти ефективні заходи для збереження природного середовища.

Дослідження стану повітря є важливим елементом при розробці стратегій розвитку міста. Аналіз якості повітря дозволяє ідентифікувати проблемні зони та визначити необхідні заходи для покращення якості повітря в міському середовищі. Це може включати зміни в інфраструктурі, русі транспорту, енергетичній ефективності та інших аспектах міського планування.

Автомобільні дороги і перехрестя є джерелами з нестаціонарними за часом викидами, а автомобілі, що рухаються по магістралях, є джерелами виділення викидів в атмосферне повітря. Залежно від структури та інтенсивності руху автотранспорту на автомагістралях і в районі перехресть в атмосферному повітрі за несприятливих метеорологічних умов формуються поля максимальних разових концентрацій шкідливих речовин.

Особливо помітне перевищення гранично допустимих концентрацій газових викидів від автомобілів спостерігається в районах перехресть, що регулюються. За даними багатьох замірів, з вихлопної труби автомобіля, що вимушено зупиняється на перехресті викидається в 5-8 разів більше шкідливих газів, ніж при русі без зупинок. Це пояснюється тим, що багатократні гальмування на перехресті різко збільшують кількість викидів шкідливих

речовин у декілька разів. Також відомо, що при малих швидкостях руху автомобіля об'єм викидів в 3 - 5 разів більший, ніж при великих швидкостях.

Гази двигунів містять складну суміш, яка складається з більш ніж двохста компонентів, серед яких чимало канцерогенів. Шкідливі речовини надходять в повітря практично в зоні дихання людини і можуть призводити до захворювань органів дихання (різке збільшення частоти хронічних бронхітів), онкологічних захворювань, зменшення тривалості життя, послаблення зору, чинять дратівливу дію на слизові оболонки горла, носа і очей людини.

В зв'язку з цим, з екологічної точки зору актуальним питанням є дослідження якості атмосферного повітря, особливо на перехрестях, що регулюються.

### **Мета і завдання дослідження**

**Метою роботи** є оцінка особливостей забруднення атмосферного повітря в м. Кропивницький за допомогою методів біоіндикації.

#### **Завдання роботи:**

- здійснити огляд літератури за темою дослідження;
- проаналізувати стан атмосферного повітря м. Кропивницький за статистичними даними;
- Розглянути можливі варіанти оцінки стану атмосферного повітря в м.Кропивницький
- Проаналізувати стан атмосферного повітря м.Кропивницький методом біоіндикації
- Надати рекомендації щодо вдосконалення системи моніторингу за станом атмосферного повітря в місті

**Об'єкт досліджень** — забруднення атмосферного повітря м. Кропивницький.

**Предмет** дослідження — дослідження методами біоіндикації якості повітря в районі перехрестя.

### **Методи досліджень**

При вирішенні поставлених в роботі завдань проводилися натурні експерименти з визначенням характеристик автотранспортних потоків, розрахункові і біоіндикаційні дослідження в умовах міста.

### **Практичне значення одержаних результатів**

Результати роботи можуть бути використані природоохоронними організаціями для планування заходів щодо покращання стану атмосферного повітря у м. Кропивницький. Також матеріали кваліфікаційної роботи можуть бути використані в навчальному процесі студентів екологічних спеціальностей.

## РОЗДІЛ 1

### ВПЛИВ АВТОМОБІЛЬНОГО ТРАНСПОРТУ НА СТАН УРБООКОСИСТЕМ

При сучасному розвитку автомобільної промисловості і постійному збільшенні кількості автомобілів негативний вплив автотранспорту на навколишнє середовище і людину відчувається все більш гостро, що призводить до необхідності детального вивчення всіх аспектів цього питання, розробки системи моніторингу і пошуку рішень по мінімізації шкідливого впливу [1].

Проблемою оцінки і дослідження впливу автотранспорту на міську урбоекосистему займалися багато вчених і видатних науковців. Серед них такі, як Захаров Є., Колодочка О., Мусієнко М., Пашков А., Угненко Є. та багато інших.

Як зазначав в своїй статті Є. Захаров (12): “вплив транспортних викидів виявляється на відстані 1-2 км від автотраси і поширюється на висоту 300 і більше метрів. Вклад автотранспорту в сумарний викид в межах міських агломерацій складає 60—70%”.

Ю. Гутаревичем, Д. Зеркаловим (8) наведено наступні основні види впливу автотранспорту на екосистеми, що полягають в:

1. Споживанні природних ресурсів - атмосферного повітря, яке необхідне для перебігу робочих процесів в ДВЗ транспортних засобів, нафтопродуктів і природного газу, які є паливом для ДВЗ, для систем охолодження ДВЗ і мийки транспортних засобів;
2. Забрудненні атмосфери, водних об'єктів і земель, зміні хімічного складу ґрунтів і мікрофлори, утворенні виробничих відходів, шламів, золи і сміття, забруднюючих речовин, замазучуванні ґрунтів;
3. Виділенні теплоти в довкілля під час роботи;
4. Створенні високих рівнів шуму і вібрації та електромагнітних випромінювань, які негативно впливають на живі організми, в тому числі людину;

5. Можливості активації несприятливих природних процесів, таких як водна ерозія, заболочення місцевості, утворення сільових потоків, зсувів і обвалів;

6. Травмуванні та загибелі людей, тварин, нанесення великих матеріальних збитків внаслідок аварій і катастроф;

7. Порушенні ґрунтово-рослинного покриву і зменшенні врожайності сільськогосподарських культур.

Таким чином, викиди автомобільного транспорту шкідливо впливають на всі компоненти біосфери: атмосферу, гідросферу, літосферу, рослинний і тваринний світ, людину. Класифікацію видів негативного впливу автомобільного транспорту на компоненти біосфери, запропоновану Ю. Гутаревичем (2) наведено в таблиці 1.1.

Таблиця 1.1

Класифікація основних видів впливу автомобільного транспорту на компоненти біосфери

| Об'єкт впливу                           |                                                                     |                                                                                            |                                                           |                                                                                    |
|-----------------------------------------|---------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------|
| Водойми                                 | Ґрунт                                                               | Повітря                                                                                    | Флора і фауна                                             | Людина                                                                             |
| Мінералізація, засолення, нафтопродукти | Забруднення свинцем, органічними мастилами, розчинниками; засолення | Викиди $\text{CO}_2$ , $\text{C}_m\text{H}_n$ , $\text{NO}_x$ , $\text{C}$ , $\text{SO}_x$ | Порушення ґрунтового покриву, забруднення природної смуги | Захворювання органів дихання, онкологічні захворювання, зменшення тривалості життя |

### **1.1. Вплив автотранспорту на стан атмосферного повітря**

Проблема забруднення повітряного басейну шкідливими викидами автомобільних двигунів в наш час стоїть дуже гостро. Це зумовлюється насамперед тим, що викиди автотранспортних засобів складають близько 40% всіх шкідливих речовин, що потрапляють в атмосферу, а для ряду міст України (Київ, Львів, Чернівці, Полтава та інші) ця величина перевищує 70% (3). За даними досліджень в 2021 році сумарний показник забруднення атмосферного повітря від стаціонарних та пересувних джерел в середньому по містах України склав 17,9 тис. тонн. Частка забруднення повітря відпрацьованими газами від експлуатації автомобілів сягнула 15,35 тис. тонн (91% від усього об'єму викидів в атмосферне повітря). Загалом, на кожен квадратний кілометр потрапило майже 400 тонн забруднюючих речовин. Показник забруднення атмосфери в розрахунку на 1 мешканця міста склав по 81,4 кг шкідливих речовин. З них 7,3 кг/людину – це викиди від стаціонарних джерел, а 74,1 кг/людину – від пересувних. Застійні атмосферні явища, інтенсивність руху транспорту, якість пального, справність паливної апаратури транспортних засобів – це те, що однозначно впливає на рівень забруднення атмосферного повітря в межах міста.

Як відмічає Архіпова Г. основна частина забруднювачів (99%) надходить від автомобілів у вигляді відпрацьованих газів, випаровувань вуглеводнів палива з бака і карбюратора. Відпрацьовані гази потрапляють в приземний шар атмосфери і містять оксид вуглецю (найбільш характерний для бензинових двигунів), оксиди азоту, різні вуглеводні (включаючи бенз(а)пірен), альдегіди, диоксид сірки. Бензинові двигуни, крім того, виділяють з'єднання свинцю, хлору, броду, а дизельні - значні кількості сажі і частинок кіптяви.

## 1.2. Хімічні сполуки, що потрапляють в атмосферне повітря міст

В.В. Мержиєвською (15) наведено розгорнуту класифікацію та характеристики речовин або груп речовин, які містять викиди транспортних засобів.

### I. Первинні забруднювачі:

#### 1. Вуглеводні

Вуглеводні у викидах – найбільш численна група речовин. Це незгорілі органічні сполуки водню і вуглецю. Інколи щодо вуглеводнів у викидах застосовують термін «незгоріле паливо», але коректнішим є термін «незгорілі вуглеводні», оскільки більшість вуглеводнів у викидах – це продукти неповного згорання.

1.1. «Сумарні» вуглеводні – усі органічні сполуки, що наявні у викидах транспортних засобів, складаються з вуглецю і водню. Основними сполуками є альдегіди та поліциклічні ароматичні вуглеводні.

Альдегіди утворюються внаслідок низькотемпературного згорання палива, тобто це не доокиснені вуглеводні. Виникають в процесі сумішоутворення, за умов надлишку кисню  $O_2$  під час передполум'яних реакцій, особливо за умов детонаційного згорання. Найпоширенішими альдегідами є формальдегід та акролеїн [10].

Поліциклічні ароматичні вуглеводні (ПАВ) наявні в паливі та моторній оливі. Під час згорання за умов високої температури і тиску та нестачі кисню від вуглеводневих сполук відокремлюються атоми водню. Утворені сполуки нестійкі, тому вони вступають в реакцію поліконденсації, з утворенням ПАВ. Основним з них є бенз(а)пірен, який утворюється внаслідок реакції конденсації бензолу. В атмосфері наявні понад 500 різних ПАВ.

1.2. Неметанові вуглеводні – суміш вуглеводнів, за винятком метану. Метан ( $CH_4$ ) вважають нешкідливим з огляду впливу на людину, тому не враховують його під час нормування викидів. Проте, метан займає другу сходинку, одразу після  $CO_2$ , за внеском у парниковий ефект.

1.3. «Важкі» вуглеводні – загальна формула  $C_mH_n$ , де  $m = 12 \dots 20$ .

1.4. Карбоніли – альдегіди і кетони (формальдегід, ацетальдегід, ацетон.

1.5. Неметанові органічні сполуки – сумарні сполуки, за винятком галоїдовуглецю.

Деякі речовини у викидах транспортних засобів є менш небезпечними, ніж вторинні сполуки, які можуть з них утворитися [9].

1.8. Сумарні органічні гази – усі органічні гази, наявні у викидах транспортних засобів. Можуть містити гідроксильні групи [9].

## 2. Оксиди вуглецю

2.1. Оксид вуглецю (II) CO – “чадний газ” – безбарвний, без запаху.

Оксид вуглецю – це продукт неповного згорання вуглеводнів палива.

Утворюється, під час згорання за умови нестачі кисню і тому безпосередньо залежить від фактичного співвідношення паливо/повітря в камері згорання двигуна. Також виникає якщо наявні осередки нерозпиленого палива в циліндрі, які можуть утворюватись незважаючи на те, що загалом суміш збіднена. Причинами утворення місцевих збагачених зон є погане випаровування палива або пізнє сумішоутворення. Викиди CO можуть утворюватись і через тимчасове збагачення суміші в перехідних режимах роботи двигуна (прискорення, уповільнення, зміна передач). Іноді суміш навмисно збагачують, наприклад, для досягнення підвищення крутного моменту або під час пуску двигуна, щоб забезпечити «м'яке» згорання. Вміст CO у викидах залежить від складу паливноповітряної суміші. Чим вище  $\alpha$ , тобто чим бідніша суміш, тим менші викиди CO [7].

Локальна концентрація є більш значущою за загальну концентрацію CO, тому найбільш небезпечними є зони інтенсивного руху, погано вентильовані або закриті приміщення, в яких функціонують двигуни.

2.2. Оксид вуглецю (IV) CO<sub>2</sub> – “вуглекислий газ”.

Продукт повного згорання палива. Є основним компонентом парникових газів. Для зменшення викидів CO необхідно збіднювати суміш і одночасно стабілізувати її запалювання. Проте з надлишком кисню і за високих температур значно зростає кількість утворюваних оксидів азоту [7].

### 3. Сполуки азоту

#### 3.1. Оксиди азоту $\text{NO}_x$ ( $\text{NO} + \text{NO}_2$ )

Усі оксиди азоту, які містять викиди, є прямим продуктом згорання в двигуні. Основними є  $\text{NO}$  і  $\text{NO}_2$ , оскільки обсяги решти ( $\text{N}_2\text{O}$ ,  $\text{N}_2\text{O}_3$ ,  $\text{N}_2\text{O}_4$ ,  $\text{N}_2\text{O}_5$  і випари  $\text{HNO}_3$ ) не є визначальними [9].

Оксиди азоту  $\text{NO}_x$  утворюються під час згорання в двигуні, коли кисень реагує з азотом за високих температур згорання ( $\alpha > 1$ ,  $T > 1600 \text{ K}$ ). Кількість утворюваних  $\text{NO}_x$  суттєво залежить від температури згорання (тобто від навантаження на двигун). Оксиди азоту  $\text{NO}_x$  також беруть участь у вторинному забрудненні (спричиняють фотохімічний смог, руйнацію озонового шару), разом з оксидами сірки спричиняють кислотні дощі [7].

#### 3.2. Оксид азоту (II) $\text{NO}$ – безбарвний, без запаху і відносно нетоксичний.

У викидах 95...98%  $\text{NO}_x$  припадає на  $\text{NO}$ , який надходячи в атмосферу окиснюється до  $\text{NO}_2$ .

3.3. Оксид азоту (IV)  $\text{NO}_2$  – бурого кольору, їдкий і надзвичайно токсичний. Є каталізатором утворення фотохімічного смогу. Його пікові концентрації більш шкідливі, ніж сумарні викиди [9].

Оксиди азоту  $\text{NO}$  та  $\text{NO}_2$  є продуктами побічних реакцій згорання. Співвідношення  $\text{N}_2\text{O}/\text{NO}$  дуже низьке, зокрема для бензинових двигунів, – до 0,02.

3.4. Оксид азоту (I)  $\text{N}_2\text{O}$ . Побічний продукт функціонування каталітичного нейтралізатора в деяких робочих режимах. На  $\text{N}_2\text{O}$  припадає 1% усіх парникових газів, проте він спричиняє парниковий ефект в 300 разів сильніший за  $\text{CO}_2$ .

3.5. Аміак  $\text{NH}_3$  – є джерелом утворення вторинних забруднюючих речовин, сприяє утворенню викидів твердих часток.

Основною причиною утворення  $\text{NH}_3$  є водень, що бере участь у реакціях в каталітичному нейтралізаторі. Найбільші викиди  $\text{NH}_3$  спричиняються згоранням збагаченої суміші та роботою двигунів у неусталених режимах.

Застосування каталітичних нейтралізаторів суттєво підвищує вміст таких сполук як  $\text{N}_2\text{O}$  та  $\text{NH}_3$  у викидах транспортних засобів.

4. Тверді частки – це продукти згорання в твердому або рідкому стані, за винятком води, які за нормальних умов містять викиди. Значна частина органічних речовин у твердих частках надходить з викидами двигунів внутрішнього згорання [9].

#### 5. Сполуки сірки

5.1. «Вміст сполук сірки у викидах, як правило, зводять до одного компоненту –  $\text{SO}_2$ . Оксид сірки (II)  $\text{SO}_2$  – “сірчистий газ” – безбарвний.

Причиною утворення є вміст сірки у нафті 0,5...4,0%, в бензині та дизельному паливі – до 0,2%. Під час згорання палива сірка виділяється з палива і окиснюється з утворенням  $\text{SO}_3$ . У сполученні з водою  $\text{H}_2\text{O}$  оксид сірки  $\text{SO}_2$  перетворюється на  $\text{H}_2\text{SO}_3$ , а сірчаний ангідрид  $\text{SO}_3$  – на  $\text{H}_2\text{SO}_4$ .

Окрім шкідливого впливу на довкілля, сірка прискорює зношення двигуна, руйнує каталітичні нейтралізатори, спричиняє корозію, особливо якщо її вміст перевищує 0,2%. Проте сірка має мастильні властивості, тому за вмісту сірки 0,1...0,2%, у паливо немає необхідності додавати протизношувальні присадки. Також викиди  $\text{SO}_2$  спричиняють утворення кислотних опадів, корозію металів, пошкодження будівель і пам'яток культури» [7].

5.2. Сірководень  $\text{H}_2\text{S}$  – є побічним продуктом очищення нафти, природного газу, іноді є складовою викидів транспортних засобів [7].

5.3. Сірковуглець  $\text{CS}_2$  – ще одна із шкідливих сполук сірки у викидах транспортних засобів [9].

#### 6. Цианісті сполуки

«Цианіди – збірна назва певних класів органічних і неорганічних сполук, що містить цианогрупу -  $\text{CN}$ . Неорганічні цианіди – це похідні циану  $(\text{CN})_2$ , солі синільної кислоти  $\text{HCN}$ .

Синільна кислота  $\text{HCN}$  – водний розчин ціаністого водню, безбарвна летюча, горюча рідина.

Цианіди, як і аміак  $\text{NH}_3$ , є побічними продуктами каталітичної нейтралізації викидів транспортних засобів із бензиновими двигунами» (15).

## 7. Органічні сполуки, які не відносяться до вуглеводнів

8.1. Леткі органічні сполуки - усі органічні сполуки наявні в оточуючому повітрі, незалежно від їхньої фотохімічної реакційної здатності або спроможності засобів вимірювальної техніки визначати їхні концентрації доступними методами.

Вважалося, і навіть на сьогодні такої думки дотримуються більшість фахівців, що автомобільний транспорт, який працює на природному газі, є екологічно чистим і не викидає в атмосферу жодних шкідливих для здоров'я речовин. У роботах А.П. Пашкова, М.С. Фурмана та Д.С. Цикліса [11] доведено, що при використанні природного газу в якості палива значно збільшується кількість формальдегіду, що є високотоксичною речовиною, в атмосферному повітрі міст.

Отже, основну небезпеку щодо забруднення довкілля і зокрема атмосферного повітря мають відпрацьовані гази. В їх склад входить більше 1000 різних шкідливих речовин, які чинять негативний вплив на людину і довкілля.

Крім того, зменшенню забруднення повітря викидами автотранспорту сприяє правильна організація руху транспорту на вулицях міст. Наприклад, при безупинному проїзді («зелена хвиля», розв'язка на різних рівнях) викиди оксиду вуглецю і вуглеводнів на перехрестях знижуються у декілька разів. Найбільша кількість викидів оксиду вуглецю і вуглеводнів поступає в атмосферу при малих швидкостях руху автомобіля. Досягши швидкості 40 км/год викиди вуглеводнів практично не міняються. Викиди оксиду вуглецю поступово знижуються із збільшенням швидкості руху. Мінімальну кількість оксидів азоту автомобіль викидає при швидкості 60 - 70 км/год [12].

### 1.3. Вплив автотранспорту на ґрунти

Автомобільний транспорт чинить негативний вплив на ґрунтовий покрив придорожньої смуги шляхом надходження в ґрунт різних хімічних речовин [13]. Це зумовлено тим, що ґрунти здатні до сорбції та депонування різних токсикантів, у тому числі важких металів: свинцю, кадмію, цинку [14]. У придорожній простір разом з вихлопними газами, що містять більше 200 компонентів, основними з яких є оксиди азоту та сірки, вуглеводи, також надходять і продукти стирання машин, покриття доріг та інше [15]. Усі ці шкідливі речовини потрапляють у ґрунт і завдяки сухому або мокрому осіданню закріплюються у шарі 5-10 см. Важкі метали перебувають переважно в нерухомих або ж слабо рухомих формах. Такий пресинг канцерогенних сполук відбувається постійно і в подальшому лише збільшуватиметься [14].

Ефект техногенного забруднення важкими металами посилюється тим, що при одночасному потраплянні в ґрунти придорожніх смуг декількох елементів з групи важких металів можливий істотний вплив на поведінку кожного з них, передусім, на міцність закріплення і ступінь рухомості в ґрунті. В даному разі здійснюється накладання 2-х різних процесів: взаємодії катіонів металів та конкурентного впливу іонів одних елементів на іони інших [16]. Тому робити висновки про можливі механізми трансформації техногенних сполучень важких металів у ґрунті за даними загального вмісту, або їх вмісту в окремо взятій витяжці не зовсім достовірно [17].

Як зазначають К.С. Дзюба, В.В. Нікулін [1], особливо міцно фіксують важкі метали верхні органогенні горизонти ґрунтового покриву. В зв'язку з цим об'єктом моніторингу зазвичай слугують ґрунти на відстані 5-10 від краю проїжджої частини.

На рис. 1.2.1. показано залежність концентрації бенз(а)пірена і поліхлорованих біфенілів в ґрунті від відстані до дороги [13].

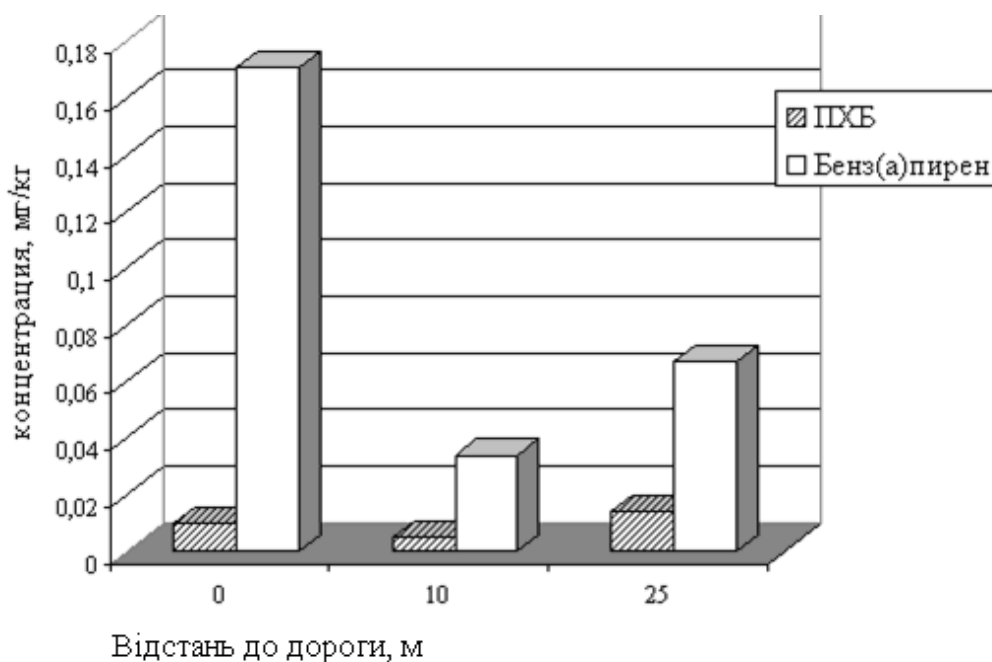


Рис. 1.2.1. Концентрації бенз(а)пірена і поліхлорованих біфенілів в ґрунті

Досвід екологічних досліджень ґрунтового покриву поблизу численних автомобільних магістралей, проведених В.М. Пшеніном [13], свідчить, що підвищений вміст важких металів у ґрунтах став характерним явищем, яке через свою екологічну небезпеку вимагає пильного контролю і уважного вивчення.

Одним з таких металів є цинк. Він надходить в придорожній простір в результаті стирання різних деталей, ерозії оцинкованих поверхонь, зносу шин, за рахунок використання в маслах присадок, що містять цей метал [13]. Масова частка цинку в моторних маслах для бензинових двигунів складає 0,09 - 0,12 %, у маслах для дизельних двигунів - 0,05 - 0,1 %. Після відмови від використання з'єднань кадмію в процесах вулканізації гуми і заміни їх з'єднаннями цинку стирання автомобільних шин також стало одним з джерел накопичення цього металу в ґрунті вздовж доріг.

О.В. Соболевою [18] досліджено особливості розподілу свинцю в ґрунтовому покриві, накопичення його рослинами в урбанізованих районах в зв'язку з викидами автомобільного транспорту. При згоранні 1 л етилованого бензину виділяється від 200 до 500 міліграма свинцю. Цей високоактивний свинець, що знаходиться в стані розсіювання, потрапляє в ґрунт вздовж доріг. З

грунту і частково з повітря він надходить в рослини. Є відомості про те, що при вмісті 0,1 г свинцю в 1 кг сіна він може виявитися причиною загибелі крупної рогатої худоби. Людина, що є однією з останніх ланок харчового ланцюга, випробовує на собі найбільшу небезпеку нейротоксичної дії важких металів [19].

В той же час все більш гостро починає проявлятися проблема забруднення ґрунтів нафтопродуктами та бенз(а)піреном [13].

Нафтопродукти, що є композицією найрізноманітніших вуглеводнів, є, як загальновідомо, найбуденнішим і повсюдним забруднювачем придорожніх смуг. Серед показників, які характеризують забруднення ґрунту вуглеводнями, особливу значущість має бенз(а)пірен, що володіє канцерогенною дією. Бенз(а)пірен у складі інших поліциклічних ароматичних вуглеводнів міститься у відпрацьованих газах автомобільних двигунів. У шинах автомобілів поліциклічні ароматичні вуглеводні містяться унаслідок використання при виробництві гуми газової сажі, яка додає їй необхідні властивості по стійкості до стирання, міцності, жорсткості, твердості. За наявними оцінками [13] кожні 100 г шин, що стерлися, містять до 1,2 мг бенз(а)пірена. Науковці підкреслюють, що стирання асфальту і шин є головною причиною значного накопичення бенз(а)пірена в придорожніх ґрунтах. Підвищені концентрації бенз(а)пірена (до 20 ГДК), як показує досвід [20], виявляються практично уздовж всіх крупних автомагістралей.

При потраплянні нафтопродуктів в ґрунт в результаті витоку і випаровування з різних систем автомобіля, відбувається зменшення кількості або загибель ґрунтового біогеоценозу і деградація ґрунтів. Забруднення природних об'єктів нафтопродуктами не тільки завдає економічного збитку, але і викликає серйозні порушення санітарного режиму, зниження самоочищаючої здатності ґрунтів і, як наслідок, підвищення ризику розповсюдження патогенних і умовно-патогенних мікроорганізмів. Так, при забрудненні ґрунтів нафтою на рівні близько 100 мг/кг наголошується виражене зниження

інтенсивності процесів самоочищення, що протікають в них, а при дозі 300 мг/кг - практично повне їх припинення.

Надходження важких металів у ґрунти придорожніх смуг визначається відстанню від полотна дороги – чим ближче до нього, тим вищий ступінь їхнього антропогенного забруднення, який залежить від різноманіття типів ґрунтів, їхньої гумусованості, вмісту фракції фізичної глини, фізико-хімічних властивостей ґрунтів тощо.

Забруднення ґрунтів важкими металами може чинити на них не тільки пряму токсичну біохімічну дію, а й призводить до погіршення їх педохімічних показників [14].

#### **1.4. Вплив автотранспорту на рослинний світ**

Викиди газів автотранспорту мають негативний вплив на стан рослин, які ростуть в придорожній зоні, а особливо це стосується перехресть.

На рис. 1.4.1. відображено сумарний ефект дії газоподібних токсикантів на рослини придорожньої зони [36]. Видно, що наряду із загальними сферами впливу, присутні і специфічні. Наприклад, пігментний апарат страждає у всіх випадках, рівно як і ферментні системи, а морфологічні зміни, швидкість і напрямок біохімічних процесів демонструють різноманітні реакції.

Досліджено, що двоокис азоту викликає у рослин мутагенний ефект, синтез нітратних і нітритних з'єднань, пригнічення фотосинтезу і підвищення активності захисних ферментів, перш за все, пероксидази [Артамонов, 1986]. Найбільший вплив на рослини мають фотохімічні окисники та окисли сірки, що порушують нормальну роботу і викликають деструкцію хлорофілу та гідроліз цукрів. Сумарний ефект впливу сірчистих газів полягає у збільшенні проникності та руйнуванні клітинних мембран, підвищенні швидкості зневоднення, зниженні інтенсивності фотосинтезу, зниженні вмісту аскорбінової кислоти [Ніколаєвська, 1990].

Рослини піддаються впливу забруднювачів не тільки через ґрунт, але і аеральним шляхом. Надземні частини рослин забруднюються безпосередньо з повітря, через кореневу систему і вторинно – з поверхні ґрунту [36].

Є експериментальні дані про те, що поблизу автомобільних доріг найбільша кількість свинцю акумулюється на поверхні рослин. Виявлено, що співвідношення концентрацій свинцю в повітрі, рослинах і ґрунті з об'ємом транспортного навантаження і відстанню від полотна дороги засвідчує про один з основних джерел цього металу – бензин. По даним Д.М. Кавтарадзе [36], вміст свинцю в листі липи змінювався практично лінійно в зоні шириною до 100 м від бровки полотна в залежності від транспортного навантаження. В той самий час існує думка, що пил, який накопичується на поверхні ґрунту, може бути токсичним для кореневої системи.

При дослідженні екофізіологічного ефекту впливу викидів автомобільного транспорту на рослинні об'єкти необхідно враховувати високу чутливість рослин до постійної дії низьких концентрацій токсикантів. В цьому випадку при відсутності видимих токсикозів (наприклад, плям) можна спостерігати серйозні наслідки – зниження темпів росту, недорозвиненість сім'я, слабкість кореневої системи та інші ефекти, що являються наслідком хронічного повільного накопичення отрут в рослинах. Це накопичення, в свою чергу, викликає хронічні пошкодження [36].



Рис. 1.4.1. Вплив відпрацьованих газів на рослини

Колмогорова О.Ю. в своїй праці [24] дала оцінку життєвого стану деревних рослин, що ростуть в місцях забруднення атмосферного повітря викидами автотранспорту. Об'єктами досліджень служили деревні рослини, що ростуть в безпосередній близькості від локальних вогнищ забруднення.

Рослини володіють унікальною сорбційною здатністю. Вони поглинають з навколишнього середовища і нейтралізують в тканинах значну кількість шкідливих компонентів промислових емісій, сприяючи збереженню оптимального газового балансу в атмосфері. Деревягиним С.С. [25] встановлений тісний зв'язок між вмістом в ґрунті і зерні важких металів.

Рослини різного генотипу володіють виборчою поглинювальною здатністю відносно важких металів.

За даними І.І. Скрипниченка і Б.М. Золотарьової (1981), токсичні концентрації свинцю у ґрунті для більшості рослин перебувають у межах 1000-2000 мг/кг. Проте деякі види рослин гинуть уже за вмісту його близько 500 мг/кг ґрунту.

### **1.5.Застосування методу біоіндикації для визначення впливу автомобільних доріг на довкілля**

Метод біоіндикації використовує живі організми, такі як рослини, тварини або мікроорганізми, для визначення рівня забруднення або впливу на довкілля. Цей метод можна застосовувати для оцінки впливу автомобільних доріг на довкілля, зокрема на якість повітря, ґрунт та водні ресурси. Основна ідея полягає в тому, що живі організми реагують на забруднення середовища, і ці реакції можуть бути використані для виявлення та оцінки рівня забруднення.

Одним з найпоширеніших методів біоіндикації є використання рослин в якості біоіндикаторів.

Деякі рослини більш чутливі до забруднення та мають здатність накопичувати токсичні речовини. Вони можуть бути розташовані вздовж автомобільних доріг або в різних віддаленостях від них. Потім рослини аналізують на наявність змін у їхньому фізіологічному стані, біохімічних показниках та концентрації токсичних речовин. Це дає змогу зробити висновки про рівень забруднення навколишнього середовища.

Також, для визначення впливу автомобільних доріг на довкілля можуть використовуватись тварини, такі як комахи, птахи чи деякі види мікроорганізмів. Ці організми можуть бути чутливі до змін в середовищі, наприклад, зміни у рівні шуму, викидів газів чи інших забруднюючих речовин.

Застосування методу біоіндикації дозволяє здійснити моніторинг впливу автомобільних доріг на довкілля в більш широкому контексті. Він доповнює традиційні методи моніторингу повітря, ґрунту та води, надаючи інформацію про живі організми, які можуть бути безпосередньо під впливом забруднення. Це дозволяє отримати більш повну картину впливу автомобільних доріг на довкілля та прийняти заходи для його зменшення.

## РОЗДІЛ 2

### ХАРАКТЕРИСТИКА РАЙОНУ ДОСЛІДЖЕННЯ

Дослідження проводились нами протягом 2022 р. в м. Кропивницький, на перехресті вулиць Вокзальна – проспект Правди.

Місто Кропивницький розташоване в центрі України.

В цілому клімат міста помірно континентальний з м'якою зимою і теплим (іноді спекотним) літом.

Середньорічна температура повітря складає 8,0°C, найбільш низька вона в січні (мінус 5,7 °C), найбільш висока - в липні (20,0 °C).

Таблиця 2.1.

Температура повітря по місяцях, (°C)

| Темпера-<br>тура          | I    | II   | III | IV  | V    | VI   | VII  | VIII | IX   | X   | XI  | XII  | Рік |
|---------------------------|------|------|-----|-----|------|------|------|------|------|-----|-----|------|-----|
| Середня                   | -5,7 | -4,3 | 0,5 | 8,9 | 15,3 | 18,6 | 20,0 | 19,4 | 14,7 | 8,1 | 2,3 | -2,3 | 8,0 |
| Денна<br>максима-<br>льна | -2   | -1   | 3   | 13  | 20   | 23   | 25   | 24   | 19   | 12  | 5   | 0    | 11  |
| Нічна<br>мінімаль-<br>на  | -8   | -6   | -2  | 5   | 10   | 13   | 15   | 14   | 10   | 4   | 0   | -4   | 5   |

В середньому за рік в м.Кропивницький випадає 499 мм атмосферних опадів, менше всього їх в березні і жовтні, більше всього - в липні.

Таблиця 2.2

## Середня кількість опадів (мм)

| I  | II | III | IV | V  | VI | VII | VIII | IX | X  | XI | XII | Рік |
|----|----|-----|----|----|----|-----|------|----|----|----|-----|-----|
| 32 | 31 | 27  | 36 | 45 | 66 | 72  | 48   | 38 | 27 | 35 | 42  | 499 |

Щорічно в м.Кропивницький утворюється сніговий покрив, проте його висота незначна.

У північній частині Кіровоградської області переважають чорноземи: малогумусні із змістом гумусу 5,0 % і середньогумусні із змістом гумусу декілька більше 5,5 %. Значні площі тут займають чорноземи, а також підзолисті ґрунти, сіроземи і глинозем.

Для південно-східних районів характерні середньо- і малогумусні чорноземи, а в південній частині - малогумусні чорноземи.

По складу ґрунту північних районів - важкосуглинисті, південних - легкосуглинисті, а в Придніпров'ї - слабо- і середньосуглинисті.

В досліджуваному районі поширені типові і звичайні мало- і середньогумусні типові чорноземи, а також чорноземи реградовані.

Ці ґрунти володіють легко-, середньо- і важкосуглинистим, місцями глинистим складом, а також вважаються важкими і важко оброблюються. І по висиханню часто іменуються «бетонним ґрунтом», оскільки:

1. Відрізняються великою щільністю і в'язкістю;
2. Характеризуються поганими повітро-, світло- і водопроникністю;
3. Обмежують живильні процеси кореневої системи рослин;

Основна частина Кіровоградської області розташована на Придніпровській височині, розчленованій річковими долинами. Рельєф місцевості рівнинний з чергуванням низин та височин.

Біля перехрестя автодороги, яке досліджується, розташовані парк 50 років жовтня, в якому поширені біля 50 видів дерев і кущів, серед яких: липа європейська (*Tilia europaea*), акація срібляста (*Acacia dealbata*), клен

гостролистий (*Ácer platanoídes*), дуб черешчатий (*Quercus robur* L.), ясен звичайний (*Fráxinus excélsior*), горобина звичайна (*Sórbus aucupária*), сосна звичайна (*Pínus sylvéstris*), жасмин білий (*Jasminum officinale* L.), спірея японська (*Spiraea japonica*), та сквер Перемоги, на території якого ростуть береза повисла (*Betula pendula*), ялина звичайна (*Picea abies*), тополя різнолиста (*Populus heterophylla*), піхта сибірська (*Ábies sibírica*), тис ягідний (*Táxus baccáta*), туя західна (*Thuja occidentalis* L.), кипарис вічнозелений (*Cupressus sempervirens* L.). Крім того, з іншої сторони перехрестя поширені такі дерева, як каштан городчатий (*Castanea crenata* Sieb.), платан західний (*Platanus occidentalis* L.), липа європейська (*Tilia europaea*), береза повисла (*Betula pendula*).

## РОЗДІЛ 3

### ОБ'ЄКТИ І МЕТОДИ ДОСЛІДЖЕННЯ

Об'єктом дослідження є: забруднення атмосферного повітря м. Кропивницький.

При проведенні досліджень для визначення концентрацій газоподібних токсикантів і сажі, потрапляючих в придорожній простір з викидами транспортних засобів, ми використовували метод натурного визначення. Розрахунковий метод заснований на обліку складу руху в двох напрямках і даних по середньостатистичним викидам при русі автотранспорту в районі регулюємого перехрестя [38].

#### **3.1. Розрахунковий метод визначення концентрацій газоподібних викидів автотранспорту**

Для визначення викидів автотранспорту на досліджуваному перехресті автодоріг і подальшого їх використання як початкових даних при проведенні розрахунків забруднення атмосфери проводилося вивчення особливостей розподілу автотранспортних потоків (їх складу і інтенсивності) на перехресті і їх змін в часі (протягом доби, по дням тижня).

Для визначення характеристик автотранспортних потоків на вибраній ділянці проводиться облік автотранспортних засобів, що проходять в обох напрямках з підрозділом по наступних групах:

1. Л - легкові, з них окремо легкові і легкові дизельні автомобілі;
2. ВК < 3 - вантажні карбюраторні вантажопідйомністю менше 3 тонн і мікроавтобуси ( ГАЗ -51-53, Уази, «Газель», РАФ тощо);
3. ВК > 3 - вантажні карбюраторні вантажопідйомністю більше 3 тонн (Зіли, Урал тощо);
4. АК - автобуси карбюраторні ( ПАЗ, ЛАЗ, ЛІАЗ );
5. ВД - вантажні дизельні (КРАЗ, КАМАЗ);
6. АД - автобуси дизельні («Ікаруси»).

Підрахунок транспортних засобів, що проходять через досліджуване перехрестя, проводили протягом 20 хвилин кожної години. При високій інтенсивності руху підрахунок автотransпортних засобів проводили наступним чином: перші 20 хвилин - в одному напрямі, наступні 20 хвилин - в протилежному напрямі.

Для виявлення максимального транспортного навантаження спостереження виконували в годину «пік». Для більшості міських перехресть наголошується два максимуми: уранішній і вечірній (відповідно з 7 - 8 годин до 10 до 11 годин і з 16 - 17 годин до 19 - 20 годин).

З метою отримання початкових даних про викиди для проведення зведених розрахунків забруднення атмосфери міста спостереження організовувалися в годину «пік» осіннього сезону року.

Натурні обстеження складу і інтенсивності рухомого автотransпортного потоку проводилися по 4 рази в різний час на досліджуваному перехресті.

Для цього послідовно на кожному напрямі руху в період дії заборонного сигналу світлофора (включаючи і жовтий колір) виконували підрахунок автотransпортних засобів (по групах), створюючих «чергу». Одночасно фіксували довжину «черги» в метрах [39].

Результати натурних обстежень структури і інтенсивності рухомого автотransпортного потоку заносили в польовий журнал (таблиця 4.3.1).

В ході проведення натурних обстежень додатково фіксували ряд параметрів, необхідних для розрахунку викидів:

1. Ширина проїжджої частини (у метрах);
2. Кількість смуг руху в кожному напрямі;
3. Протяжність зони перехрестя в кожному напрямі (у метрах).

Для порівняння розраховували кількість викидів при безупинному русі автотransпорту за відсутності світлофорів. З цією метою фіксували наступні параметри:

1. Ширина проїжджої частини (у метрах);
2. Кількість смуг руху в кожному напрямі;

3. Протяжність вибраної ділянки автомагістралі;

4. Середню швидкість автотранспортного потоку з підрозділом на три основні категорії: легкові, вантажні і автобуси (у км/год) визначали за свідченнями спідометра автомобіля, рухомого в автотранспортному потоці.

Також нами було використано метод біоіндикації для визначення забрудненості повітря поблизу перехрестя.

## РОЗДІЛ 4

### ДОСЛІДЖЕННЯ СТАНУ АТМОСФЕРНОГО ПОВІТРЯ МЕТОДОМ БІОІНДИКАЦІЇ

#### **4.1. Дослідження морфологічних параметрів берези повислої в зоні перехрестя, що досліджується**

Відомо, що рослини є індикаторами забруднення повітря і реагують на ті концентрації, які для тварин ще не є небезпечними. Таким індикаційним показником забруднення повітря може служити щорічний приріст пагонів, який на забруднених ділянках може бути на 25-40% нижче, ніж на контрольних.

В якості одного з біоіндикаторів нами було обрано березу бородавчасту. Цей вид є середньо стійким до дії атмосферного забруднення.

Проведене дослідження показало, що дерева, які ростуть біля перехрестя, випробовують явний антропогенний стрес в порівнянні з деревами, що ростуть подалі від автодороги, зокрема перехрестя. У них більшою мірою спостерігалися зміни в забарвленні листя (хлороз), деформація листових пластинок, передчасне опадання листя, що можна побічно розглядати як дію забруднюючих речовин на ці рослини.

Морфологічні параметри річних пагонів берези також змінювалися залежно від умов знаходження.

Дослідження стану берези бородавчастої були проведені з двох сторін від перехрестя (майданчик №1 – сквер перемоги і майданчик №2 – біля кафе Червона рута) і порівняні з еталонною ділянкою (гай Десантників).

Максимальні показники мали досліджені рослини на еталонній ділянці, що дозволяє використовувати це місце як контроль. Так, в цих умовах у берези довжина річного пагону склала 248,1 мм, маса пагонів – 3,0 г, кількість листя на пагоні - 9 шт. На цьому ж майданчику спостерігалася найбільша площа листової поверхні - 1403 мм<sup>2</sup> (Таблиця 4.1.1)

Таблиця 4.1.1

Біоморфологічні ознаки берези бородавчастої на еталонній ділянці

| Ознаки порівняння                        | Значення     |
|------------------------------------------|--------------|
| Довжина 1 пагону, мм                     | 248,1±14,03  |
| Маса 1 пагону, г                         | 3,0±0,16     |
| Кількість листя, шт.                     | 9±0,69       |
| Площа листової поверхні, мм <sup>2</sup> | 1403,4±47,22 |

Таблиця 4.1.2

Біоморфологічні ознаки берези бородавчастої на майданчику №1

| Ознаки порівняння                        | Значення     |
|------------------------------------------|--------------|
| Довжина 1 пагону, мм                     | 168,3±7,09   |
| Маса 1 пагону, г                         | 1,4±0,18     |
| Кількість листя, шт.                     | 7,4±0,35     |
| Площа листової поверхні, мм <sup>2</sup> | 1093,8±32,14 |

За даними таблиці 4.1.2 можна побачити, що морфологічні показники дерев на майданчику №1 (сквер Перемоги) біля досліджуваного перехрестя значно відрізняються від тих же параметрів на еталонній ділянці. Довжина пагону берези бородавчастої менше, ніж на еталонному на 79,8 мм, маса пагону – на 1,6 г, площа листової поверхні менше на 310 мм<sup>2</sup>.

Таблиця 4.1.3

Біоморфологічні ознаки берези бородавчастої на майданчику № 2

| Ознаки порівняння                        | Значення    |
|------------------------------------------|-------------|
| Довжина 1 пагону, мм                     | 193,5±5,20  |
| Маса 1 пагону, г                         | 1,2±0,20    |
| Кількість листя, шт.                     | 5,3±0,21    |
| Площа листової поверхні, мм <sup>2</sup> | 912,4±29,30 |

За даними таблиці 4.1.3 можна побачити, що морфологічні показники дерев на майданчику № 2, як і на майданчику №1, значно відрізняються від тих же параметрів на еталонній ділянці. Довжина пагону на майданчику № 2 менше, ніж на еталонному на 54,6 мм, маса пагону – на 1,8 г, площа листової поверхні менше на 491 мм<sup>2</sup>.

Таблиця 4.1.4

Вплив автомобільних викидів в зоні досліджуваного перехрестя на деякі біоморфологічні ознаки берези бородавчастої м. Кропивницький (2017 р.)

| Ознаки порівняння                         | Гай Десантників | Майданчик № 1 | Майданчик № 2 |
|-------------------------------------------|-----------------|---------------|---------------|
| Довжина 1 пагону, мм                      | 262,4±12,13     | 172,3±6,59    | 189,7±5,80    |
| Маса 1 пагону, г                          | 2,7±0,21        | 1,2±0,16      | 1,4±0,10      |
| Кількість листя, шт.                      | 9,5±0,52        | 7,6±0,45      | 5,5±0,24      |
| Площа листової пластинки, мм <sup>2</sup> | 1373,4±44,98    | 1030,4±35,06  | 940,5±32,79   |

Отже, результати спостереження показали, що у берези на майданчиках №1, 2 в умовах забруднення довжина річних пагонів була на 30-35% менше, ніж на еталонному майданчику.

Значно відрізнялися пагони і за своєю масою. Порівняно з еталонною ділянкою значення маси пагонів було в 1,5 – 1,9 рази менше (Таблиця 4.1.4)

Залежно від умов проживання значно відрізнялися рослини і за кількістю листя на сформованих пагонах. В околицях майданчику № 2 число листя на березі було на 20 % менше, ніж в умовах контролю (гай Десантників). У зв'язку з тим, що число листя тісно пов'язане із загальною площею листової

поверхні, очевидно, що в антропогенних умовах (на майданчиках № 1,2) також зменшується і площа листової поверхні на 25-39 % відповідно.

#### **4.2. Дослідження морфологічних параметрів ялини звичайної (*Picea abies*) в зоні впливу досліджуваного перехрестя**

Основними морфологічними ознаками ослаблення дерев, викликаного дією токсичних газів, вважається:

1. Зменшення приросту по діаметру;
2. Скорочення лінійного приросту центральних пагонів;
3. Відмирання як головного, так і бічних пагонів;
4. Зниження маси листя (хвої), їх передчасне пожовтіння і опадання.

При забрудненні повітря, що викликає руйнування лісових екосистем, в кронах ялини звичайної майже не залишається хвої старше за один рік. Багаторічна хвоя зберігається тільки на нижніх гілках, що знаходяться взимку під снігом.

У хвойних рослин в районах з високою екологічною напруженістю, зокрема біля перехрестя автодороги, спостерігається зменшення довжини хвої. Внаслідок чого виразно спостерігалось проникнення забруднюючих речовин через продихи і кутикулу, відбувалося руйнування замикаючих клітин продихів і мезофілу і порушення процесів самовідтворення. Деструкція структурних елементів хвої (хлорози, некрози) корелювала із зменшенням вмісту пластидних пігментів, особливо хлорофілу В. У зв'язку з руйнуванням хлорофілу під дією забруднюючих речовин, що виділяються автотранспортом (перш за все  $\text{SO}_2$ ), хвоя ставала світлішою.

Відомо, що стан атмосферного повітря чинить вплив на тривалість життя хвої. При забрудненні повітря зменшується тривалість її життя. Існує безліч різних точок зору по зміні даного показника. Дослідження показують, що в умовах хронічного забруднення навколишнього середовища в лісових співтовариствах з'являються ознаки впливу поллютантів: хлорози і некрози хвої, знижується тривалість життя хвої, посилюється ажурність крон, знижується

приріст дерев. Дані ознаки значно погіршують життєвий стан дерев. Було встановлено, що початкова реакція ялини звичайної на забруднення повітря викидами автотранспорту в зоні перехрестя ( $\text{SO}_2$  і інші забруднюючі речовини) виражається скороченням тривалості життя хвої на деревах на 1-2 роки.

Для вивчення впливу досліджуваного перехрестя на стан ялини звичайної нами було проведено дослідження рослин у сквері Перемоги (майданчик №1), який знаходиться в безпосередній близькості до перехрестя автодороги. В якості досліджуваних об'єктів було обрано 7 дерев на даній ділянці і 4 дерева на еталонній (гай Десантників). Отримані дані наведено в таблиці 4.2.1 (дані з еталонної ділянки усереднені).

Таблиця 4.2.1

Визначення стану хвої ялини звичайної для оцінки забруднення атмосфери в зоні впливу досліджуваного перехрестя

| Пошкодження і всихання хвоїнок    | Номера дерев на майданчику № 1 |      |     |      |      |      |     |             |
|-----------------------------------|--------------------------------|------|-----|------|------|------|-----|-------------|
|                                   | 1                              | 2    | 3   | 4    | 5    | 6    | 7   | ета-<br>лон |
| Загальне число обстежених хвоїнок | 200                            | 200  | 200 | 200  | 200  | 200  | 200 | 200         |
| Кількість хвоїнок з плямами       | 149                            | 142  | 139 | 136  | 133  | 120  | 117 | 23          |
| Відсоток хвоїнок з плямами        | 72                             | 68   | 67  | 65,5 | 63   | 61,5 | 58  | 9           |
| Кількість хвоїнок з всиханням     | 98                             | 87   | 93  | 86   | 95   | 77   | 70  | 13          |
| Відсоток хвоїнок з всиханням      | 49                             | 43,5 | 41  | 40,5 | 48,5 | 37   | 34  | 5           |

Таким чином, всі показники у ялин, що ростуть у сквері біля перехрестя були більшими, ніж у дерев на еталонній ділянці, що доводить про негативний вплив забруднюючих викидів від автотранспорту на стан рослин.

#### **4.3. Визначення концентрацій газоподібних токсикантів і сажі розрахунковим методом в районі перехрестя, що регулюється**

Як початкові дані для розрахунку викидів автотранспорту в атмосферу використовували результати натурних обстежень структури і інтенсивності автотранспортних потоків з підрозділом по основних категоріях автотранспортних засобів [38].

Усереднені результати підрахунку автотранспортних засобів в районі досліджуваного регулюємого перехрестя наведені в додатку А.

Розрахунки викидів виконували для наступних шкідливих речовин, що надходять в атмосферу з відпрацьованими газами автомобілів:

1. Оксид вуглецю (CO);
2. Оксиди азоту  $\text{NO}_x$  (у перерахунку на діоксид азоту);
3. Вуглеводні (CH);
4. Сажа;
5. Діоксид сірки ( $\text{SO}_2$ );
6. З'єднання свинцю;
7. Формальдегід;
8. Бенз(а)пірен.

У районі перехрестя викидається найбільша кількість шкідливих речовин автомобілем за рахунок гальмування і зупинки автомобіля перед заборонним сигналом світлофора і подальшим його рухом в режимі «розгону» по вирішуючому сигналу світлофора.

Це обумовлює необхідність виділити на вибраній автомагістралі ділянки перед світлофором, на яких утворюється черга автомобілів, що працюють на холостому ході протягом часу дії заборонного сигналу світлофора.

При розрахунковій оцінці рівнів забруднення повітря в зонах перехресть слід виходити з найбільших значень змісту шкідливих речовин у відпрацьованих газах, характерних для режимів руху автомобілів в районі перетину автомагістралей (гальмування, холостий хід, розгін).

Викид і-ої забруднюючої речовини в зоні перехрестя при заборонному сигналі світлофора визначаємо по формулі:

$$M_{Pi} = \frac{P}{40} \sum_{n=1}^{N_H} \sum_{k=1}^{N_{gp}} (M'_{Pi,k} \cdot G_{k,n}), \text{ г/20 хв.,}$$

де Р (хв.) - тривалість дії заборонного сигналу світлофора (включаючи жовтий колір);

$N_H$  - кількість циклів дії заборонного сигналу світлофора за 20-хвилинний період часу;

$N_{gp}$  - кількість груп автомобілів;

$M_{Pi,k}$  (г/хв.) - питомий викид і-ої ЗР автомобілями, к-ої групи, що знаходяться в «черзі» у заборонного сигналу світлофора;

$G_{k,n}$  - кількість автомобілів к-ої групи, що знаходяться в «черзі» в зоні перехрестя в кінці n - го циклу заборонного сигналу світлофора.

Значення  $M_{Pi,k}$  визначаються по таблиці 4.3.1, в якій приведені усереднені значення питомих викидів (г/хв.), що враховують режими руху автомобілів в районі перетину перехрестя (гальмування, холостий хід, розгін), а значення Р,  $N_H$ ,  $G_k$  - за результатами натурних обстежень.

Таблиця 4.3.1

Питомі значення викидів для автомобілів, що знаходяться  
в зоні перехрестя

| Найменування групи автомобілів                                                                                       | № групи        | Викид, г/хв. |                                                     |      |       |                 |              |                  |                      |
|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------|--------------|-----------------------------------------------------|------|-------|-----------------|--------------|------------------|----------------------|
|                                                                                                                      |                | CO           | NO <sub>x</sub> (у перерахунку на NO <sub>2</sub> ) | CH   | Сажа  | SO <sub>2</sub> | Формальдегід | З'єднання свинцю | Бенз(а)пірен         |
| Легкові                                                                                                              | I              | 3,5          | 0,05                                                | 0,25 | -     | 0,01            | 0,0008       | 0,0044           | 2,0·10 <sup>-6</sup> |
| Легкові дизельні                                                                                                     | I <sub>д</sub> | 0,13         | 0,08                                                | 0,06 | 0,035 | 0,04            | 0,0008       | -                | -                    |
| Вантажні карбюраторні з вантажопідйомністю до 3 т (зокрема що працюють на зрідженому нафтовому газі) і мікроавтобуси | II             | 6,3          | 0,075                                               | 1,0  | -     | 0,02            | 0,0015       | 0,0047           | 4,0·10 <sup>-6</sup> |
| Вантажні карбюраторні з вантажопідйомністю більше 3 т (зокрема що працюють на зрідженому нафтовому газі)             | III            | 18,4         | 0,2                                                 | 2,96 | -     | 0,028           | 0,006        | 0,0075           | 4,4·10 <sup>-6</sup> |
| Автобуси карбюраторні                                                                                                | IV             | 16,1         | 0,16                                                | 2,64 | -     | 0,03            | 0,012        | 0,0075           | 4,5·10 <sup>-6</sup> |
| Вантажні дизельні                                                                                                    | V              | 2,85         | 0,81                                                | 0,3  | 0,07  | 0,075           | 0,015        | -                | 6,3·10 <sup>-6</sup> |
| Автобуси дизельні                                                                                                    | VI             | 3,07         | 0,7                                                 | 0,41 | 0,09  | 0,09            | 0,020        | -                | 6,4·10 <sup>-6</sup> |

|                                                   |     |      |      |      |   |      |        |   |                     |
|---------------------------------------------------|-----|------|------|------|---|------|--------|---|---------------------|
| Вантажні, що працюють на стислому природному газі | VII | 6,44 | 0,09 | 0,26 | - | 0,01 | 0,0004 | - | $3,6 \cdot 10^{-6}$ |
|---------------------------------------------------|-----|------|------|------|---|------|--------|---|---------------------|

### 1. Напрямок руху автотранспорту з півночі на південь

$$M_{CO} = \frac{0,83}{40} \cdot 16 \cdot (5 \cdot 3,5 + 3 \cdot 6,3 + 2 \cdot 18,4 + 1 \cdot 16,1 + 3 \cdot 2,85 + 1 \cdot 3,07) = 7,51 \text{ (г/20 хв.)}$$

$$M_{NO_2} = \frac{0,83}{40} \cdot 16 \cdot (5 \cdot 0,05 + 3 \cdot 0,075 + 2 \cdot 0,2 + 1 \cdot 0,16 + 3 \cdot 0,81 + 1 \cdot 0,7) = 0,8 \text{ (г/20 хв.)}$$

$$M_{CH} = \frac{0,83}{40} \cdot 16 \cdot (5 \cdot 0,25 + 3 \cdot 1 + 2 \cdot 2,96 + 1 \cdot 2,64 + 3 \cdot 0,3 + 1 \cdot 0,41) = 4,69 \text{ (г/20 хв.)}$$

$$M_{сажа} = \frac{0,83}{40} \cdot 16 \cdot (3 \cdot 0,07 + 1 \cdot 0,09) = 0,1 \text{ (г/20 хв.)}$$

$$M_{SO_2} = \frac{0,83}{40} \cdot 16 \cdot (5 \cdot 0,01 + 3 \cdot 0,02 + 2 \cdot 0,028 + 1 \cdot 0,03 + 3 \cdot 0,075 + 1 \cdot 0,09) = 1,17 \text{ (г/20 хв.)}$$

$$M_{формальдегид} = \frac{0,83}{40} \cdot 16 \cdot (5 \cdot 0,0008 + 3 \cdot 0,0015 + 2 \cdot 0,006 + 1 \cdot 0,012 + 3 \cdot 0,015 + 1 \cdot 0,020) = 0,13$$

$$M_{свинцев} = \frac{0,83}{40} \cdot 16 \cdot (5 \cdot 0,0044 + 3 \cdot 0,0047 + 2 \cdot 0,0075 + 1 \cdot 0,0075) = 0,82 \text{ (г/20 хв.)}$$

$$M_{бенз(а)пірен} = \frac{0,83}{40} \cdot 16 \cdot (5 \cdot 2,0 \cdot 10^{-6} + 3 \cdot 4,0 \cdot 10^{-6} + 2 \cdot 4,4 \cdot 10^{-6} + 1 \cdot 4,5 \cdot 10^{-6} + 3 \cdot 6,3 \cdot 10^{-6} + 1 \cdot 6,4 \cdot 10^{-6}) = 1,12 \cdot 10^{-6}$$

### 2. Напрямок руху автотранспорту зі сходу на захід

$$M_{CO} = \frac{0,83}{40} \cdot 16 \cdot (8 \cdot 3,5 + 7 \cdot 6,3 + 1 \cdot 16,1) = 6,3 \text{ (г/20хв.)}$$

$$M_{NO_2} = \frac{0,83}{40} \cdot 16 \cdot (8 \cdot 0,05 + 7 \cdot 0,075 + 1 \cdot 0,16) = 1,6 \text{ (г/20хв.)}$$

$$M_{CH} = \frac{0,83}{40} \cdot 16 \cdot (8 \cdot 0,25 + 7 \cdot 1 + 1 \cdot 2,64) = 3,86 \text{ (г/20 хв.)}$$

$$M_{SO_2} = \frac{0,83}{40} \cdot 16 \cdot (8 \cdot 0,01 + 7 \cdot 0,02 + 1 \cdot 0,03) = 1,08 \text{ (г/20 хв.)}$$

$$M_{формальдегид} = \frac{0,83}{40} \cdot 16 \cdot (8 \cdot 0,0008 + 7 \cdot 0,0015 + 1 \cdot 0,012) = 0,208 \text{ (г/20 хв.)}$$

$$M_{свинцев} = \frac{0,83}{40} \cdot 16 \cdot (8 \cdot 0,0044 + 7 \cdot 0,0047 + 1 \cdot 0,0075) = 0,725 \text{ (г/20 хв.)}$$

$$M_{бенз(a)пірен} = \frac{0,83}{40} \cdot 16 \cdot (8 \cdot 2,0 \cdot 10^{-6} + 7 \cdot 4,0 \cdot 10^{-6} + 1 \cdot 4,5 \cdot 10^{-6}) = 1,1 \cdot 10^{-6} \text{ (г/20 хв.)}$$

### 3. Напря́м руху автотранспорту з півдня на північ

$$M_{CO} = \frac{0,83}{40} \cdot 16 \cdot (11 \cdot 3,5 + 4 \cdot 6,3 + 2 \cdot 16,1 + 1 \cdot 2,85 + 1 \cdot 3,07) = 4,8 \text{ (г/20 хв.)}$$

$$M_{NO_x} = \frac{0,83}{40} \cdot 16 \cdot (11 \cdot 0,05 + 4 \cdot 0,075 + 2 \cdot 0,16 + 1 \cdot 0,81 + 1 \cdot 0,7) = 0,9 \text{ (г/20 хв.)}$$

$$M_{CH} = \frac{0,83}{40} \cdot 16 \cdot (11 \cdot 0,25 + 4 \cdot 1 + 2 \cdot 2,64 + 1 \cdot 0,3 + 1 \cdot 0,41) = 4,23 \text{ (г/20 хв.)}$$

$$M_{сажа} = \frac{0,83}{40} \cdot 16 \cdot (1 \cdot 0,7 + 1 \cdot 0,09) = 1,05 \text{ (г/20 хв.)}$$

$$M_{SO_2} = \frac{0,83}{40} \cdot 16 \cdot (11 \cdot 0,01 + 4 \cdot 0,02 + 2 \cdot 0,03 + 1 \cdot 0,075 + 1 \cdot 0,09) = 0,42 \text{ (г/20 хв.)}$$

$$M_{формальдегид} = \frac{0,83}{40} \cdot 16 \cdot (11 \cdot 0,0008 + 4 \cdot 0,0015 + 2 \cdot 0,012 + 1 \cdot 0,015 + 1 \cdot 0,02) = 0,32 \text{ (г/20 хв.)}$$

$$M_{сви́нець} = \frac{0,83}{40} \cdot 16 \cdot (11 \cdot 0,0044 + 4 \cdot 0,0047 + 2 \cdot 0,0075) = 0,53 \text{ (г/20 хв.)}$$

$$M_{бенз(a)пірен} = \frac{0,83}{40} \cdot 16 \cdot (11 \cdot 2,0 \cdot 10^{-6} + 4 \cdot 4,0 \cdot 10^{-6} + 2 \cdot 4,5 \cdot 10^{-6} + 1 \cdot 6,3 \cdot 10^{-6} + 1 \cdot 6,4 \cdot 10^{-6}) = 0,98 \cdot 10^{-6}$$

### 4. Напря́м руху автотранспорту із за́хіду на схід

$$M_{CO} = \frac{0,83}{40} \cdot 16 \cdot (15 \cdot 3,5 + 6 \cdot 6,3 + 1 \cdot 16,1 + 1 \cdot 2,85) = 4,59 \text{ (г/20 хв.)}$$

$$M_{NO_x} = \frac{0,83}{40} \cdot 16 \cdot (15 \cdot 0,05 + 6 \cdot 0,075 + 1 \cdot 0,16 + 1 \cdot 0,81) = 0,71 \text{ (г/20 хв.)}$$

$$M_{CH} = \frac{0,83}{40} \cdot 16 \cdot (15 \cdot 0,25 + 6 \cdot 1 + 1 \cdot 2,64 + 1 \cdot 0,3) = 2,21 \text{ (г/20 хв.)}$$

$$M_{сажа} = \frac{0,83}{40} \cdot 16 \cdot 1 \cdot 0,07 = 0,94 \text{ (г/20 хв.)}$$

$$M_{SO_2} = \frac{0,83}{40} \cdot 16 \cdot (15 \cdot 0,01 + 6 \cdot 0,02 + 1 \cdot 0,03 + 1 \cdot 0,075) = 2,45 \text{ (г/20 хв.)}$$

$$M_{формальдегид} = \frac{0,83}{40} \cdot 16 \cdot (15 \cdot 0,0008 + 6 \cdot 0,0015 + 1 \cdot 0,012 + 1 \cdot 0,015) = 0,43 \text{ (г/20 хв.)}$$

$$M_{сви́нець} = \frac{0,83}{40} \cdot 16 \cdot (15 \cdot 0,0044 + 6 \cdot 0,0047 + 1 \cdot 0,0075) = 0,93 \text{ (г/20 хв.)}$$

$$M_{\text{бенз(a)пірен}} = \frac{0,83}{40} \cdot 16 \cdot (15 \cdot 2,0 \cdot 10^{-6} + 6 \cdot 4,0 \cdot 10^{-6} + 1 \cdot 4,5 \cdot 10^{-6} + 1 \cdot 6,3 \cdot 10^{-6}) = 0,82 \cdot 10^{-6}$$

(г/20 хв.)

5. Сумарні значення викидів в зоні перехрестя:

$$\sum_{CO} = 29,3 + 33,8 + 36,27 + 33,51 = 23,2 \text{ (г/20 хв.)}$$

$$\sum_{NO_2} = 3,6 + 8,9 + 7,2 + 13,8 = 4,01 \text{ (г/20 хв.)}$$

$$\sum_{CH} = 3,86 + 4,23 + 4,21 + 4,69 = 14,99 \text{ (г/20 хв.)}$$

$$\sum_{сажа} = 0,05 + 0,02 + 0,1 = 1,17 \text{ (г/20 хв.)}$$

$$\sum_{SO_2} = 0,08 + 0,42 + 0,1 + 0,17 = 5,75 \text{ (г/20 хв.)}$$

$$\sum_{\text{формальдегід}} = 0,008 + 0,02 + 0,02 + 0,03 = 1,06 \text{ (г/20 хв.)}$$

$$\sum_{\text{свинець}} = 0,025 + 0,03 + 0,03 + 0,02 = 3,007 \text{ (г/20 хв.)}$$

$$\sum_{\text{бенз(a)пірен}} = 16,1 \cdot 10^{-6} + 19,8 \cdot 10^{-6} + 21,5 \cdot 10^{-6} + 20,12 \cdot 10^{-6} = 4,019 \cdot 10^{-6} \text{ (г/20 хв.)}$$

### Висновок до розділу

Обстеження рослинності (на прикладі берези повислої та ялини звичайної) показало, що у дерев в умовах забруднення довжина річних пагонів була на 30-35% меншою, ніж на еталонній ділянці. Значно відрізнялися пагони і за своєю масою. Порівняно з еталонною ділянкою значення маси пагонів було в 1,5–2 рази менше. З

Залежно від умов проживання значно відрізнялися рослини і за кількістю листя на сформованих пагонах. Біля перехрестя число листя на березі було на 20% менше, ніж в умовах контролю (гай Десантників). У зв'язку з тим, що число листя тісно пов'язане із загальною площею листової поверхні, очевидно, що в антропогенних умовах також зменшується і площа листової поверхні на 25-39 % відповідно. За результатами огляду хвоїнок сосни звичайної виявлено, що відсоток хвоїнок з плямами та з всиханням у ялин, що ростуть у сквері біля перехрестя був значно більшим, ніж у дерев на еталонній ділянці, що показує негативний вплив забруднюючих викидів від автотранспорту на стан рослин.

У результаті теоретичних і експериментальних досліджень підтверджено наявність перевищення допустимих концентрацій газових викидів в районі перехрестя вулиць Проспект Перемоги – Жовтнева революція в 8-14 разів.

## РОЗДІЛ 5

### ОХОРОНА ПРАЦІ

5.1. Особливості умов праці та аналіз небезпечних та шкідливих факторів, які можуть виникнути при виконанні оцінки стану атмосферного повітря в м. Кропивницький методом біоіндикації.

Оцінка стану атмосферного повітря методом біоіндикації вимагає специфічних умов праці. Цей метод використовує живі організми (індикатори), які реагують на забруднення повітря та можуть слугувати показниками його якості. Особливості умов праці при виконанні оцінки стану атмосферного повітря методом біоіндикації включають наступне.

Вибір та підготовка індикаторів. Необхідно вибрати відповідні види організмів, які є чутливими до забруднення повітря. Це можуть бути рослини, лишайники, мохи, комахи тощо. Індикатори повинні бути здоровими та у хорошому стані перед початком експерименту.

Встановлення контрольних пунктів. Для отримання точних результатів необхідно встановити контрольні пункти у місцях, які не піддаються прямому забрудненню повітря. Ці пункти допоможуть визначити базовий рівень забруднення та порівняти його з індикаторними пунктами.

Розташування індикаторних пунктів. Індикаторні пункти повинні бути розташовані у різних місцях з різним ступенем забруднення повітря. Це дозволить отримати більш репрезентативні дані про стан повітря в конкретному регіоні.

Моніторинг параметрів. Під час виконання оцінки необхідно вимірювати та записувати різні параметри, такі як концентрація токсичних речовин, рН середовища, наявність індикаторних видів тощо. Це вимагає використання спеціального обладнання та точних методів вимірювання.

Збір та аналіз зразків. Індикаторні організми повинні бути зібрані у встановлені терміни та умови. Після цього зразки аналізуються в лабораторії з використанням різних методів, таких як хроматографія, спектрофотометрія, мікроскопія та інші.

Оскільки оцінка стану повітря може включати роботу з токсичними речовинами та хімічними реагентами, необхідно дотримуватися всіх заходів безпеки.

Враховуючи ці особливості, оцінка стану атмосферного повітря методом біоіндикації може бути ефективним інструментом для визначення рівня забруднення та контролю якості повітря.

Під час виконання оцінки стану атмосферного повітря за допомогою цього методу можуть існувати деякі небезпечні та шкідливі фактори.

Токсичні речовини. Деякі забруднюючі речовини, такі як сірчистий ангідрид, оксиди азоту, важкі метали, пестициди та інші хімічні сполуки, можуть бути токсичними для живих організмів, які використовуються як біоіндикатори. Вони можуть впливати на здоров'я та життєдіяльність цих організмів.

Забруднення повітря. Загрязнення повітря шкідливими речовинами може впливати на ріст, розвиток і здоров'я рослин та тварин, використовуваних для біоіндикації. Це може призвести до пошкодження рослинних тканин, втрати рослинного покриву та зміни біологічних процесів у живих організмах.

Ураження шкідливими речовинами. Під час збирання проб та виконання вимірювань біоіндикаторів існує ризик ураження шкідливими речовинами. Наприклад, деякі рослини можуть містити отруйні речовини, які можуть вплинути на здоров'я людини або викликати алергічну реакцію.

Фізичні умови. Виконання оцінки стану атмосферного повітря може вимагати роботи в різних фізичних умовах, наприклад, на висоті, в холодних або спекотних середовищах, під час поганої погоди тощо. Ці умови можуть бути небезпечними для здоров'я та безпеки виконавців оцінки.

Взаємодія з іншими організмами. Під час проведення біоіндикації може відбуватися взаємодія з іншими організмами, наприклад, комахами, гризунами або дикими тваринами. Це може створювати ризик ураження шкідливими речовинами, включаючи укуси комах та інші контакти з дикими тваринами.

## **5.2. Розробка заходів по запобіганню дії небезпечних та шкідливих виробничих факторів і покращенню умов праці.**

5.2.1. Заходи запропоновані для усунення небезпечних та шкідливих виробничих факторів.

Під час виконання оцінки стану атмосферного повітря методом біоіндикації необхідно дотримуватися відповідних заходів безпеки, використовувати захисне спорядження та проявляти обережність, щоб зменшити можливі небезпечні наслідки. Також важливо ретельно обробляти та аналізувати отримані проби в контрольованому середовищі, щоб уникнути контамінації та забезпечити точність результатів.

Усунення небезпечних та шкідливих виробничих факторів під час виконання оцінки стану атмосферного повітря методом біоіндикації може включати ряд заходів для зменшення впливу шкідливих речовин на біологічні об'єкти, які використовуються для виявлення забруднення повітря. Можливі заходи наступні.

Впровадження технологій очищення повітря. Встановлення та налагодження систем очищення повітря може допомогти зменшити концентрацію шкідливих речовин у повітрі. Це може включати використання фільтрів, сорбентів або електростатичних пристроїв для затримання та видалення забруднюючих речовин.

Застосування технологій зниження викидів. Впровадження технологій, які зменшують викиди шкідливих речовин у повітря, може допомогти покращити якість повітря. Це може включати використання більш ефективних систем очищення викидів, впровадження заміни шкідливих речовин менш шкідливими альтернативами або впровадження процесів рециркуляції повітря.

Організація правильного управління виробничими відходами. Ефективне управління виробничими відходами може допомогти зменшити вплив шкідливих речовин на довкілля та повітря. Це може включати раціональне використання сировини та ресурсів, утилізацію або переробку відходів, а також впровадження екологічно чистих технологій та методів виробництва.

Забезпечення відповідних заходів безпеки праці. Розробка та дотримання правил та стандартів безпеки праці може допомогти зменшити ризики для працівників та знизити вплив шкідливих факторів на їх здоров'я. Це може включати надання необхідного захисного спорядження, навчання працівників щодо безпечних методів роботи та регулярні перевірки умов праці для виявлення можливих небезпек.

Моніторинг та контроль якості повітря. Систематичне спостереження, моніторинг та контроль якості повітря є важливими етапами у процесі усунення небезпечних та шкідливих виробничих факторів. Застосування методів біоіндикації, таких як використання рослин або тварин в якості індикаторів забруднення, може допомогти виявити зміни у якості повітря та визначити джерела забруднення.

При виконанні оцінки стану атмосферного повітря методом біоіндикації охорона праці має велике значення для забезпечення безпеки працівників. Основні заходи охорони праці, які можуть бути вжиті наступні.

Підготовка працівників. Перед початком роботи необхідно надати працівникам відповідну підготовку щодо методу біоіндикації, його особливостей та потенційних ризиків. Це включає навчання з використання необхідного обладнання, інструктаж щодо правил безпеки та ознайомлення з процедурами надання першої медичної допомоги.

Оцінка ризиків. Перед початком роботи слід провести оцінку ризиків, пов'язаних з виконанням методу біоіндикації. Це дозволить ідентифікувати потенційні небезпеки і розробити відповідні заходи безпеки.

Захист від шкідливих речовин. Працівники повинні мати належний захист від шкідливих речовин, з якими вони можуть зустрітися під час збору біоіндикаторів. Це може включати використання респіраторів, захисних костюмів, рукавиць та інших засобів індивідуального захисту.

Вентиляція. Працюючі приміщення повинні бути добре провітрюваними. Використання витяжної вентиляції або інших засобів вентиляції може допомогти уникнути накопичення шкідливих речовин у робочій зоні.

Контроль. Регулярний моніторинг рівня шкідливих речовин у повітрі повинен проводитися під час виконання оцінки методом біоіндикації. Це дозволить своєчасно виявляти будь-які небезпечні відхилення та приймати відповідні заходи.

Перерви та відпочинок. Регулярні перерви та можливість відновлення сил є важливими для забезпечення безпеки працівників. Довготривале виконання робіт, пов'язаних з методом біоіндикації, може призвести до втоми та зниження концентрації, що може спричинити ризики для безпеки.

Перша медична допомога. Працівники повинні бути навчені надавати першу медичну допомогу у разі необхідності. Робочі місця повинні бути обладнані необхідними матеріалами і засобами для надання екстреної медичної допомоги.

Ці заходи охорони праці допоможуть забезпечити безпеку працівників, які займаються оцінкою стану атмосферного повітря методом біоіндикації і мінімізувати ризики їхнього впливу на здоров'я.

### **5.3.2. Вибір і обґрунтування засобів індивідуального захисту.**

Проведення оцінки стану атмосферного повітря методом біоіндикації може включати в себе різні процедури, такі як встановлення і спостереження за рослинами-індикаторами, збір і аналіз проб повітря, вимірювання рівня забруднення та інші дії. Для забезпечення безпеки працівників, що займаються такими оцінками, рекомендується використовувати певні засоби індивідуального захисту (ЗІЗ).

Засоби індивідуального захисту, які можуть бути корисні для проведення оцінки стану атмосферного повітря методом біоіндикації наступні.

Респіратор або маска з фільтром. Для захисту від вдихання шкідливих речовин, які можуть міститися в повітрі, варто використовувати респіратор або маску з фільтром. Залежно від типу забруднення (наприклад, пил, гази, хімічні речовини), можуть знадобитися різні типи фільтрів.

Окуляри або захисні окуляри. Вони допоможуть захистити очі від пилу, диму, хімічних речовин або інших потенційно шкідливих елементів, які можуть зустрічатися під час роботи з повітрям.

Рукавиці. Рекомендується використовувати рукавиці для запобігання контакту зі забрудненими матеріалами або забрудненими руками.

Захисний одяг. При взаємодії з речовинами або ситуаціях, де є ризик контакту зі забрудненими поверхнями, використання захисного одягу, наприклад, комбінезону або захисних костюмів, може бути важливим.

Черевики або захисні чоботи. Вони забезпечують захист від контакту зі забрудненими поверхнями або рідинами, які можуть бути присутніми в досліджуваному середовищі.

Важливо враховувати, що конкретні ЗІЗ можуть змінюватися в залежності від специфіки досліджуваного середовища, типу забруднення та інших факторів.

#### **5.4. Інструкція з охорони праці під час виконання оцінки стану атмосферного повітря методом біоіндикації.**

Виконання оцінки стану атмосферного повітря методом біоіндикації може включати роботу з рослинами, тваринами або мікроорганізмами. Дотримання правил безпеки та інструкцій з охорони праці важливо для забезпечення особистої безпеки та запобігання негативному впливу на оточуюче середовище. Загальні кроки, які необхідно варто врахувати наступні.

Ознайомтесь з матеріалами, пов'язаними з методом біоіндикації, зокрема з науковими статтями, керівництвами або інструкціями виробника.

Забезпечте собі необхідні знання про види рослин, тварин або мікроорганізмів, з якими ви працюєте, включаючи їх характеристики, властивості та ризики, пов'язані з ними.

Носіть відповідний захисний одяг, який може включати халат, рукавиці, захисні окуляри або маску, залежно від потреб та ризиків, пов'язаних зі специфічними видами.

Перед початком роботи переконайтеся, що ви маєте необхідні засоби індивідуального захисту (ЗІЗ). Вони можуть включати респіратори, фільтри для повітря або захисні пристрої.

Підтримуйте належний гігієнічний режим під час роботи, зокрема мийте руки перед початком та після закінчення процедури.

Використовуйте засоби безпеки для запобігання контакту з шкірою, очима або дихальними шляхами з потенційно шкідливими речовинами. Дотримуйтеся правил транспортування, зберігання та видалення зразків або матеріалів.

При роботі зі специфічними видами зверніть увагу на їх поведження та обережність, щоб уникнути їхньої травми або стресу.

Якщо ви використовуєте хімічні речовини або реагенти, дотримуйтеся інструкцій щодо їх безпечного використання, зберігання та утилізації. Розташуйте робоче місце у вентильованій зоні або використовуйте витяжні системи для видалення небезпечних парів або газів.

У разі виникнення нещасного випадку або незвичайної ситуації повідомте про це відповідним особам і негайно надайте першу допомогу, якщо це необхідно.

Ці рекомендації є загальними інструкціями з охорони праці, і вони можуть бути доповнені або змінені відповідно до конкретного методу біоіндикації та місцевих вимог охорони праці. Перед початком роботи зверніться до конкретних директив, нормативних документів та інструкцій.

### **5.5. Заходи пожежної безпеки під час виконання оцінки стану атмосферного повітря методом біоіндикації.**

Під час виконання оцінки стану атмосферного повітря методом біоіндикації існують певні заходи пожежної безпеки, які необхідно врахувати.

Попереднє навчання. Перед виконанням оцінки стану атмосферного повітря методом біоіндикації необхідно отримати достатнє навчання щодо пожежної безпеки. Це включає в себе знання про потенційні загрози, які

можуть бути пов'язані з пожежею, та про заходи безпеки, які необхідно вживати.

Використання безпечного обладнання. Під час збору проб повітря та біоіндикаційних зразків важливо використовувати безпечне обладнання. Переконайтеся, що використовуєте вогнестійкі контейнери та інструменти, які не спричиняють іскри або відкритого вогню.

Обережне поводження з вогнем. Забороняється розпалювати вогонь або курити поблизу місця збору проб повітря. Будьте обережні з вогнем і не використовуйте легкозаймисті матеріали поблизу біоіндикаційних зразків.

Пожежна евакуація. Перед початком роботи визначте доступні виходи та шляхи евакуації. У разі виникнення пожежі негайно застосовуйте план евакуації та повідомляйте про небезпеку.

Вогнегасники. Місця виконання робіт необхідно забезпечити вогнегасниками або іншими засоби пожежогасіння, які можуть бути використані для гасіння невеликих пожеж, якщо це безпечно.

Звітність. Повідомляйте відповідні організації або відповідальних осіб про ваші дії та місце знаходження. Це може бути корисним у випадку виникнення непередбачених ситуацій, включаючи пожежі.

Завжди важливо бути пильним та враховувати пожежну безпеку під час виконання будь-яких дій, особливо коли працюєте з вогнем або потенційно небезпечними речовинами.

## **5.6. Висновки по розділу.**

Розроблені заходи дозволять попередити виникнення можливих нещасних випадків, та зменшити дію небезпечних й шкідливих факторів на працівників під час проведення оцінки стану атмосферного повітря в м. Кропивницький методом біоіндикації.

## ВИСНОВКИ

1. За статистичними даними вміст шкідливих речовин у м. Кропивницький перевищує норму. Основний вплив на забруднення повітря здійснює автомобільний транспорт, особливо в місцях великих перехресть, коли машини зупиняються і працюють на холостому ходу.

2. У результаті теоретичних і експериментальних досліджень підтверджено, що в районі перехрестя вулиць Проспект Перемоги – Вокзальна, що регулюється, спостерігається перевищення допустимих концентрацій газових викидів в атмосферному повітрі в 8-14 разів.

3. Обстеження рослинності (на прикладі берези повислої та ялини звичайної) показало, що у дерев в умовах забруднення довжина річних пагонів була на 30-35% меншою, ніж на еталонній ділянці. Значно відрізнялися пагони і за своєю масою. Порівняно з еталонною ділянкою значення маси пагонів було в 1,5–2 рази менше. Залежно від умов проживання значно відрізнялися рослини і за кількістю листя на сформованих пагонах. Біля перехрестя число листя на березі було на 20% менше, ніж в умовах контролю (гай Десантників). У зв'язку з тим, що число листя тісно пов'язане із загальною площею листової поверхні, очевидно, що в антропогенних умовах також зменшується і площа листової поверхні на 25-39 % відповідно. За результатами огляду хвоїнок сосни звичайної виявлено, що відсоток хвоїнок з плямами та з всиханням у ялин, що ростуть у сквері біля перехрестя був значно більшим, ніж у дерев на еталонній ділянці, що показує негативний вплив забруднюючих викидів від автотранспорту на стан рослин.

4. Для постійного моніторингу стану повітря ми рекомендуємо встановити автоматичні системи реєстрації забруднень. На сьогодні такі автоматичні системи встановлені тільки на будівлі ЦНТУ та в центрі, в районі обласної адміністрації. Але на таке місто як Кропивницький цієї кількості недостатньо. Тому рекомендуємо місцевій владі розглянути можливість встановлення таких систем по всьому місту (враховуючи їх невисоку вартість –

в межах 5000 грн.). Ці системи відстежують забруднення в реальному часі і дані може відстежувати будь-яка людина на відповідному сайті [eco-city.org.ua](http://eco-city.org.ua) (Громадський моніторинг стану повітря).

## СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Абрамчук Ф.І., Гутаревич Ю.Ф., Долганов К.Є., Тимченко І.І. Автомобільні двигуни: Підручник. - К.: Арістей, 2004. - 476 с.
2. Архіпова Г. І. Аналіз впливу відпрацьованих автомобільних газів на стан атмосферного повітря в густонаселених районах / Вісник НАУ. – 2009, № 1.
3. Белоконь К. В., Єрьоменко В. О., Полив'яна А. К., Ригас Т. Є. Оцінка ризику для здоров'я населення внаслідок забруднення довкілля автотранспортом. 6-й Міжнародний молодіжний конгрес "Сталий розвиток: захист навколишнього середовища. Енергоощадність. Збалансоване природокористування" Львів: Західно-Український Консалтинг Центр, 2021. С. 305.
4. Белоконь К. В., Олійник О. В., Єрьоменко В. Дослідження впливу викидів автотранспорту на здоров'я населення міста Запоріжжя. Міжнародна науково-практична конференція «Біоекономіка як ключовий фактор розвитку виробництва та екологізації промислового регіону» Запоріжжя: ІННІ ЗНУ, 2020. С. 402-405.
5. Гамалей В.І. Екологічний стан придорожніх смуг // Вісник аграрної науки. – 2008.- №12.- с.10-12.
6. Гандзюк М.О., Лотиш В.В. Забруднення атмосфери викидами автотранспортних засобів та заходи для зменшення вмісту шкідливих речовин у відпрацьованих газах // Збірка тез доповідей науково-практичної конференції.– Луцьк, 2009.- с. 79-82.
7. Гомонай В.І., Лобка В.Ю., Лодзинський В.С. Формальдегід – головний компонент забруднення атмосфери автомобільним транспортом у містах України // Екологічний вісник. – 2007.- №1.- с.10-12.
8. Гутаревич Ю., Зеркалов Д., Говорун А. та ін. Екологія та автомобільний транспорт: Навчальний посібник. – К.: Арістей, 2008. – 281 с.

9. Гутаревич Ю.Ф., Зеркалов Д.В. та ін. Екологія та автомобільний транспорт: Навчальний посібник 2-ге вид., перероблене та доповнене. - К.: Арістей, 2008. - с. 96-102.
10. Даунс В.П. Забруднення навколишнього середовища. Екологічні проблеми автотранспорту // Безпека життєдіяльності.- 2006.- №12.- с.43-46.
11. Желібо Є.П., Заверуха Н.М., Зацарний В.В. Безпека життєдіяльності.- К., 2001.- с. 34-37.
12. Захаров Є.П. Комплексний вплив автомобільного транспорту на навколишнє природне середовище України // Екологічний вісник.- 2018.- №3.- с. 14-16.
13. Колодочка О.М. Еколого-гігієнічна оцінка забруднення ґрунту і суміжних об'єктів довкілля важкими металами та їх впливу на здоров'я населення в умовах техногенного навантаження: Дис. канд. мед. наук: 03.00.16 / Дніпропетровська держ. медична академія. — К., 2004. — 185арк. — Бібліогр.: арк. 159-185.
14. Лапін В.М. Безпека життєдіяльності людини. - К., 1999.- с. 54-65.
15. Мержиєвська В.В. Забруднення атмосфери викидами транспортних засобів. Основні сполуки, вплив каталітичних нейтралізаторів // Автошляховик України. – 2016.- №3. – с. 20-23.
16. Мусієнко М.М. Фітоіндикація та фітомоніторинг / М.М.Мусієнко // Екологія рослин: підручник / М.М.Мусієнко. – К., 2016. – С. 344-404.
17. Нецветов М.В., Хиженков П.К. Накопичення свинцю рослинами під впливом електричних струмів та вібрацій // Екологічний вісник.- 2007.- №10.- с. 8-11.
18. Пашков А.П. Проблеми екологічної безпеки при експлуатації автотранспорту // Безпека життєдіяльності. – 2009.- №7.- с. 13-20.
19. Перович Л. М. Вплив автомобільного транспорту на забруднення земельних ресурсів // Геодезія, картографія і аерофотознімання. Вип. 73.: Л., 2010, С. 102-109.

20. Скакальський О. Екологічний моніторинг у системі природоохоронної діяльності регіональної влади / О. Скакальський // Державне управління та місцеве самоврядування. – 2015. – Вип. 4. – С. 152–162. 14.
- Григора І.М. Основи фітоценології / І. Григора, В.Соломаха – К.: Фітосоціоцентр, 2000. – 240 с.
21. Угненко Є.Б. Вплив пересічень автомобільних доріг на забруднення навколишнього середовища придорожнього простору // Автошляховик України.- 2010.- №3.- с.46-47.
22. Physiological responses of *Betula pendula* Roth growing in polluted areas / Czaja M. et al. Ecological questions. 2016. Vol. 22. P. 39–46. DOI: 10.12775/EQ.2015.021.
23. Velickovic M., Perisic S. Leaf fluctuating asymmetry of common plantain as an indicator of habitat quality // Plant Biosystems. – 2006. –140(2). – P. 138 –145.
24. Franiel I. Fluctuating asymmetry of *Betula pendula* Roth. leaves – an index of environment quality / I. Franiel // Biodiv. Res. Conserv. – 2008. – Vol. 9–10. – P. 7-12.
25. НПАОП 0.00-4.15-98 Положення про розробку інструкцій з охорони праці. Наказ Держнпраці від 29.01.1998 р. № 9. Київ: Держнпраці України, 1998. 20 с.
26. НПАОП 0.00-4.21-04 Типове положення про службу охорони праці. Наказ Держпраці від 15.11.2004 р. № 255. Київ: Держпраці України, 2004. 32 с.
27. Геврик Є.О., Пешко Н.П. Гігієна праці на виробництві: Навчальний посібник для студентів вищих навчальних закладів. Київ: Чельга, Ніка-Центр, 2004. 280 с.