

**ЗАПОРІЗЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ  
БІОЛОГІЧНИЙ ФАКУЛЬТЕТ**

**Кафедра загальної та прикладної екології і зоології**

**Кваліфікаційна робота  
магістра**

на тему ДОСЛІДЖЕННЯ ЕКОЛОГІЧНОГО СТАНУ ПОВІТРЯ МІСТА  
ЗАПОРІЖЖЯ МЕТОДОМ ЛІХЕНОІНДИКАЦІЇ  
RESEARCH OF THE ECOLOGICAL STATE OF THE AIR OF THE CITY  
OF ZAPORIZHZHIA BY LICHEN INDICATION

Виконала: студентка 2 курсу, групи 8.1011

спеціальності 101 Екологія

освітньо-професійної програми «Екологія та охорона  
навколишнього середовища»

Жукова О.Е.\_\_\_\_\_

Керівник \_\_\_\_\_доцент, доцент, к.б.н. Воронова Н.В.  
\_\_\_\_\_

Рецензент \_\_\_\_\_доцент, доцент, к.б.н. Горбань В.В.

## ЗАПОРІЗЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ

Біологічний факультет

Кафедра загальної та прикладної екології і зоології

Рівень вищої освіти магістр

Спеціальність 101 Екологія

Освітньо-професійна програма Екологія та охорона навколишнього середовища

### ЗАТВЕРДЖУЮ

Завідувач кафедри загальної та прикладної  
екології і зоології,  
д.б.н., проф.

О.Ф. Рильський

«16»      травня      2022 року

### ЗАВДАННЯ НА КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ СТУДЕНТЦІ

Жуковій Олександрі Едуардівні

(прізвище, ім'я, по-батькові)

1. Тема роботи Дослідження екологічного стану повітря міста  
Запоріжжя методом ліхеноіндикації

керівник роботи доцент, к.б.н. Воронова Н.В.  
(прізвище, ім'я, по батькові, науковий ступінь, вчене звання)

Затверджена наказом ЗНУ від « 12 » 07 2022 р. № 834-с

2. Строк подання студентом роботи 30 листопада 2022 року

3. Вихідні дані до роботи методичні матеріали, картографічні матеріали,  
дані моніторингових спостережень.

4. Зміст розрахунково-пояснювальної записки (перелік питань, які потрібно розробити) 1) виділити види лишайників, які присутні на деревах  
промислового міста Запоріжжя; 2) проаналізувати стан  
атмосферного повітря кожного району міста в 3 зонах: поблизу  
селітебної зони, рекреаційні зони, поблизу автомагістралей;  
3) проранжувати стан атмосферного повітря в м. Запоріжжя по  
районам.

5. Перелік графічного матеріалу (з точним зазначенням обов'язкових креслень): таблиці 2.1; 3.1, рисунки 2.1-2.9; 3.1-3.11

6. Консультанти розділів роботи

Розділ	Прізвище, ім'я, по-батькові та посада консультанта	Підпис, дата	
		завдання видав	завдання прийняв
4	Костюченко Н.І., доцент		

7. Дата видачі завдання 16.05.2022

### КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ з/п	Назва етапів кваліфікаційної роботи	Строк виконання етапів роботи	Примітки
1.	Огляд літературних джерел. Написання відповідного розділу роботи.	Травень-червень 2022 р	Виконано
2.	Вивчення, засвоєння методик дослідження. Написання відповідного розділу роботи.	Червень – серпень 2022 р.	Виконано
3.	Засвоєння правил техніки безпеки під час виконання експериментальної частини. Написання відповідного розділу роботи.	Серпень – вересень 2022 р.	Виконано
4.	Проведення експериментальних досліджень. Оформлення результатів експерименту (таблиці, рисунки). Написання відповідного розділу роботи.	Жовтень 2022 р.	Виконано
5.	Оформлення кваліфікаційної роботи. Передзахист роботи.	Листопад 2022 р.	Виконано
6.	Рецензування кваліфікаційної роботи	Грудень 2022	Виконано
7.	Захист кваліфікаційної роботи	Грудень 2022	Виконано

Студентка

О.Е. Жукова

Керівник роботи

Н.В. Воронова

**Нормоконтроль пройдено**

Нормоконтролер

Костюченко Н. І.

## РЕФЕРАТ

В роботі 56 сторінок, 2 таблиці, 20 рисунків, було використано 63 літературних джерела, із них 16 іноземною мовою.

Об'єктом дослідження є лишайники на корі дерев.

Предметом дослідження є ступінь забруднення атмосферного повітря м. Запоріжжя.

Методи досліджень: статистичний, спостереження, описовий, маршрутний метод досліджень.

Метою кваліфікаційної роботи є: оцінка стану атмосферного повітря м. Запоріжжя методом ліхеноіндикації.

Завдання кваліфікаційної роботи:

1) виділити види лишайників, які присутні на деревах промислового міста Запоріжжя;

2) проаналізувати стан атмосферного повітря кожного району міста в 3 зонах: селітебні зони, рекреаційні зони, поблизу автомагістралей;

3) проранжувати стан атмосферного повітря в м. Запоріжжя по районам.

Теоретично та експериментально визначено стан атмосферного повітря промислового міста Запоріжжя в кожному з його районів з урахуванням даних 3 зон.

**БІОІНДИКАЦІЯ, ЛИШАЙНИКИ, ЛІХЕНОІНДИКАЦІЯ, ЗАПОРІЖЖЯ, ЯКІСТЬ ПОВІТРЯ, МОНІТОРИНГ**

## ABSTRACT

In the work 56 pages 4 tables, 20 pictures were used in 63 literary sources, including 16 in a foreign language.

The object of the research is lichens on the bark of trees.

The subject of the study is the degree of atmospheric air pollution in the city of Zaporizhzhya.

Research methods: statistical, observation, descriptive, route research method.

The purpose of the qualification work is: assessment of the state of atmospheric air in Zaporozhye by the method of lichenoidication.

Tasks of the qualification work:

1) identify the types of lichens that are present on the trees of the industrial city of Zaporozhye;

2) analyze the state of atmospheric air in each district of the city in 3 zones: near residential premises, recreational areas, near highways;

3) rank the state of atmospheric air in Zaporozhye by districts.

Theoretically and experimentally, it is determined that the analysis of the results obtained by us indicates a rather threatening ecological state of atmospheric air in the Kommunarsky District of Zaporozhye. In general, the clean zones determined by the lichenoidication method turned out to be zones near residential areas and park areas. Medium-pollution zones are residential areas. Areas of significant pollution are places near the tracks of motor vehicles.

**BIOINDICATION, LICHENS, LICHEN INDICATION, ZAPORIZHZHYA, AIR QUALITY, MONITORING**

## ЗМІСТ

ВСТУП.....	7
1 ОГЛЯД НАУКОВОЇ ЛІТЕРАТУРИ.....	9
1.1 Використання лишайників як біоіндикаторів.....	9
1.2 Характеристики лишайників.....	12
1.3 Характеристика міста Запоріжжя.....	14
1.3.1 Фізико-географічна характеристика.....	14
1.3.2 Атмосферне повітря .....	15
1.4 Світовий досвід використання лишайників у якості як біоіндикаторів стану навколишнього середовища .....	18
1.4.1 Досвід Канади .....	18
1.4.2 Досвід Китаю.....	19
1.4.3 Досвід Індії.....	20
1.4.4 Досвід Нової Зеландії.....	20
1.4.5 Досвід Антарктики.....	21
1.4.6 Досвід Малайзії .....	22
1.4.7 Досвід Італії .....	23
1.4.8 Досвід США .....	24
1.5 Ліхеноіндикація стану атмосферного повітря в Україні.....	25
2 МАТЕРІАЛИ ТА МЕТОДИ ДОСЛІДЖЕННЯ.....	29
2.1 Програма досліджень .....	29
2.2 Методика досліджень .....	29
3 ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНА ЧАСТИНА.....	38
4 ОХОРОНА ПРАЦІ ТА БЕЗПЕКА В НАДЗВИЧАЙНИХ СИТУАЦІЯХ.....	47
ВИСНОВКИ.....	49
ПРАКТИЧНІ РЕКОМЕНДАЦІЇ.....	50
ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ.....	51

## ВСТУП

Актуальність дослідження полягає у тому, що з кожним роком антропогенне навантаження на повітря в м. Запоріжжя тільки збільшується [1, 2]. Ця проблема провокує погіршення стану атмосферного повітря. Метод ліхеноіндикації дозволяє оперативно визначити райони міста з високим рівнем забруднення повітря і є зручним та доступним.

Метою кваліфікаційної роботи є оцінка стану атмосферного повітря м. Запоріжжя методом ліхеноіндикації.

Для досягнення поставленої мети було сформовано наступні завдання:

1) виділити види лишайників, які присутні на деревах промислового міста Запоріжжя

2) проаналізувати стан атмосферного повітря кожного району міста в 3 зонах: поблизу житлових приміщень, рекреаційні зони, поблизу автомагістралей

3) проранжувати стан атмосферного повітря в м. Запоріжжя по районам.

Об'єктом дослідження є лишайники на деревах.

Предметом дослідження є ступінь забруднення атмосферного повітря м. Запоріжжя.

Методи дослідження: статистичний, спостереження, описовий, маршрутний метод досліджень.

Наукова новизна. У роботі дана оцінка актуального екологічного стану атмосферного повітря у м. Запоріжжя методом ліхеноіндикації.

Значення результатів наукового дослідження. Результати дослідження можуть бути використані для виявлення забруднених зон різних районів м. Запоріжжя, а також враховані при моніторингових дослідженнях екологічного стану м. Запоріжжя.

Результати експериментальних досліджень кваліфікаційної роботи магістра можуть бути використані при викладанні навчальних дисциплін спеціальності 101 Екологія:

- Моделювання і прогнозування стану довкілля;
- Моніторинг довкілля;
- Біоіндикація забруднення екосистем.

Основні положення та результати дослідження доповідалися й обговорювалися на X Регіональній науково-практичній конференції студентів, аспірантів та молодих вчених «Актуальні проблеми та перспективи розвитку природничих, медичних та фармацевтичних наук». За матеріалами дослідження опубліковано 1 тези.



## 1 ОГЛЯД НАУКОВОЇ ЛІТЕРАТУРИ

### 1.1 Використання лишайників як біоіндикаторів

Досвід застосування лишайників в якості біоіндикаторів налічує тривалий часовий період. Ще в 19 столітті фінський ліхенолог Edvard August Vainio [3] при описі флори лишайників Парижа вперше звернув увагу на чутливість цих рослин до забруднення повітря. До теперішнього часу в Україні та за кордоном накопичено значний досвід використання лишайників як біоіндикаторів для вивчення динаміки забруднення повітряного басейну території [4-9].

Лишайники зустрічаються майже у всіх географічних регіонах, оскільки вони стійкі до екстремальних природних умов [10].

Відомо, що речовини, що підвищують кислотність повітря і прискорюють окислення, такі як діоксид сірки ( $\text{SO}_2$ ), оксиди азоту ( $\text{NO}$ ,  $\text{NO}_2$ ), фтористий ( $\text{HF}$ ) і хлористий водень ( $\text{HCl}$ ), озон ( $\text{O}_3$ ), руйнують лишайники. Забруднювачі разом з опадами і пилом проникають у талом з повітря. Серед груп Екосубстрату найбільш чутливими до зміни концентрації хімічних речовин у повітрі є епіфітні лишайники. Встановлено, що лишайники накопичують важкі метали від опадів у 2-5 разів швидше, ніж вищі рослини, причому епіфітні лишайники в цьому процесі більш інтенсивні, ніж лишайники які зростають на ґрунті [11].

Тривалий вплив низьких концентрацій забруднюючих речовин, викликає таке пошкодження лишайників, яке не зникає аж до смерті їх таллома. Це пов'язано з тим, що лишайники дуже повільно оновлюють свої клітини, тоді як у вищих рослин пошкоджена тканина швидко замінюється новими. У наземних екосистемах методи біоіндикації часто використовують данні з вивчення лишайникової флори, оскільки лишайники є дуже чутливими показниками майже будь-якого забрудненого середовища. Процедура визначення якості повітря з використанням лишайників називається ліхеноіндикацією.

Ліхеноіндикація підрозділяється на два види:

- активна – лишайники з незабруднених районів пересаджують в досліджуваний район; досліджується їх реакція шляхом фотографування;

- пасивна – спостереження за змінами відносної чисельності лишайників.

Вимірюють проективне покриття лишайників, отримують середнє значення для досліджуваної території [12].

Основними причинами невеликого опору лишайників і їх груп до забруднення атмосфери є наступні:

1) висока чутливість водорослевого компонента лишайників, пігментів, які під впливом забруднюючих речовин швидко погіршуються;

2) відсутність захисних покриттів і пов'язане з ними безперешкодне поглинання газів таломів лишайників;

3) суворі вимоги до кислотності субстрату, зміна яких за певну межу призводить до загибелі лишайників [13].

Лишайники здатні пролонгувати в сухому, майже безводному стані, коли їх вологовміст становить від 2 до 10 % сухої ваги, але їм потрібно принаймні періодична вологість, так як процес фотосинтезу і дихання здійснюється тільки у вологих талломах. Однак вони не вмирають, а просто призупиняють всі життєві процеси до першої можливості поглинання води. Знаходячись в анабіозі, лишайники можуть витримувати сильне сонячне випромінювання, сильне нагрівання та охолодження. У зв'язку з тим, що лишайники поглинають воду через поверхню тіла в основному з опадів і частково водяної пари, вологість таллома безпосередньо і залежить від вологості навколишнього середовища. Таким чином, надходження води в лишайники відбувається, на відміну від вищих за фізичними, а не за фізіологічними законами. Не дивно, що талом лишайників часто порівнюють з фільтрувальним папером. На крупнопористій корі старих дерев зазвичай розташовуються накипні типи, рідко листуваті і кущисті. На злегка зморшкуватій корі молодих дерев ростуть листуваті і кущисті типи, а на гладкій корі знаходяться в основному накипні види лишайників.

Частота проростання лишайників залежить від кислотності речовини. На корі, що має нейтральну кислотність, лишайники відчують себе краще, ніж на кислому субстраті. Це пояснює різний склад лишайникової флори на різних деревах.

Дослідження показали свої плюси і мінуси. До безперечних переваг слід віднести низькі матеріальні витрати на їх впровадження, ефективність, здатність покривати значну площу, здатність отримувати істинно інтегровану міру ступеня порушення компонентів рослин конкретно геосистемами під впливом певних негативних факторів, пов'язаних у часі і локалізованих в просторі. Лишайники ростуть дуже повільно і довго живуть, за ними легко доглядати і їх просто пересаджувати, у лишайників немає судинної системи, види лишайників варіюють від дуже чутливих до нечутливих, лишайники більш чутливі до низьких концентрацій  $SO_2$ , ніж вищі рослини. Спостерігалася хороша кореляція між розподілом лишайників та концентрацією  $SO_2$  у повітрі [14].

До недоліків відносяться слабка здатність до регенерації, реакція лишайників на вплив високих концентрацій  $SO_2$ , підрахунок і ідентифікація видів лишайників є трудомісткими, а також необхідність обліку багатоваріантного впливу відомих факторів навколишнього середовища в поєднанні з впливом людини на лишайниковий компонент екосистем (це справедливо для всіх без винятку живих організмів і природних змішаних і штучних екосистем в цілому) і не може дати абсолютні значення концентрації забруднюючих речовин, на відміну від фізико-хімічних методів. Серед безлічі методів оцінки стану атмосферного повітря, певне місце набула індикація по стану лишайників. Такий метод досить простий і зручний для індикації стану атмосферного забруднення [15].

## 1.2 Характеристика лишайників

Лишайники представляють досить велику (близько 26 000 видів, понад 400 пологів) дуже своєрідну групу безхлорофільних нижчих довголітніх рослин. Лишайники відносяться до рослин, тіло яких не розділене на корінь, стебло і листя, і є результатом симбіозу трьох компонентів – гриба (мікобіонта), водорості і ціанобактерії [13, 14].

Лишайники є високо ефективними біологічними показниками забруднення повітря, реагуючи на його вплив на клітинному, індивідуальному, популяційному та громадському рівнях. Вони були визнані в якості потенційних індикаторів забруднення повітря ще в 60-і роки в Європі. З тих пір вони відігравали помітну роль у дослідженнях забруднення повітря у всьому світі. Вони були описані як одні з найкращих біомоніторів в оцінці повітряно-крапельних потенційно небезпечних елементів. Деякі види лишайників можуть надавати екологічні архіви атмосферного осадження потенційно шкідливих елементів, які можуть бути використані як дані про зміну навколишнього середовища. Дані, які вони надають, не завжди доступні із більш складних та дорогих інструментальних мереж моніторингу забруднення повітря [11].

Лишайники ростуть в різноманітних екологічних умовах, вони походять від арктичних середовищ існування до вологих тропічних лісів, де вони колонізують широкий спектр субстратів, таких як камінь, кора, ґрунт і навіть поверхні листя і кори. Метаболіти лишайника мають велику різноманітність біологічних впливів, включаючи антибіотики, антимікобактерії, противірусні, протизапальну, антиоксидантну, болезаспокійливу, жарознижувальну, антипроліферативну та цитотоксичну дію, крім того, лишайники також мають активність проти зміїної отрути. Незважаючи на те, що ці різноманітні дії метаболітів лишайників були визнані в даний час, їх терапевтичний потенціал ще не був повністю вивчений з багатьох причин, включаючи відсутність

достатньої кількості наявних лишайників. Більш того, неможливо зібрати більшу кількість зразків лишайників з лісів у зв'язку зі збереженням біорізноманіття. Повідомляється, що фотосинтетичні пігменти деградують в талломах через вплив токсичних забруднень. Лишайники мають повільний темп росту і повільний темп відновлення тканин. На ріст лишайників у лісі впливають різні фактори, серед яких наявність мертвих дерев, рН кори, якість повітря, відносна вологість та вплив сонячних променів [7]. Лишайники в міських та промислових районах показали багато моделей пошкоджень, таких як втрата хлорофілу та каротиноїдних пігментів через забруднювачі, такі як важкі метали, діоксид сірки та інші тверді частинки [13].

Лишайники є симбіозом мікобіонтів і фотобіонтів. Вони виявилися чудовими показниками біомоніторингу через їх здатність зберігати хімічні елементи в концентраціях, що перевищують їх фізіологічні потреби, і тримати їх у своєму тілі протягом тривалого часу. Оскільки лишайники харчуються з повітря атмосфери, вони отримують речовини з опадів, поглинаючи їх всією поверхнею таллома. Це дозволяє використовувати лишайники при масштабному картографуванні [16].

Лишайники мають комплексну будову тобто складаються із клітин водоростей і гриба, які пов'язані спільним обміном речовин і енергії, особливою зовнішньою і внутрішньою структурою, повільним ростом, довго тривалим життєвим циклом.

В залежності від субстрату, на якому вони оселяються, лишайники поділяються на екологічні групи:

- 1) епіфітні (на корі дерев),
- 2) епігейні (на ґрунті),
- 3) епілітні (на каміннях).

Щодо забруднення повітря види лишайників поділяють на 4 групи:

1) з групою видів, що є найчутливішими до атмосферного забруднення, пов'язують такі куцисті види як: евернія сливова, рамаліна ясенева, анаптіхія вйкова; листуваті види: пармелія дубова та блюдчаста;

2) з групою сильно- та середньочутливих лишайників пов'язують види: гіпогімнія здута, пармелія борозентаста, фісція зірчаста;

3) з цієї групи утворюють стійкі до атмосферних забруднень види: леканора грабова, ксанторія багатоплідна;

4) четверту групу утворюють токситолерантні накипні види індикатори кислого забруднення середовища: сколіціоспорум зелений, леканора Хагена і порошокниста та обмежена кількість листуватих лишайників: фісція луската та зелена, ксанторія настінна.

### 1.3 Характеристика міста Запоріжжя

#### 1.3.1 Фізико-географічна характеристика

Запорізька область знаходиться у вигідному економіко-географічному положенні на південному сході України. Він займає в основному лівобережну частину басейну Нижнього Дніпра [17].

Регіон розташований на півдні Східноєвропейської рівнини в степовій зоні з характерним річковим ландшафтом, де переважають чорноземні ґрунти.

Рельєф Запорізької області складається з двох виразних геоморфологічних частин: околиць Азовської і Дніпровської височин, які геоструктурно відповідають південно-східній частині Українського кристалічного масиву, і околиць прибережних рівнин, які розташовані в межах Чорноморського басейну [20].

Клімат регіону помірно-континентальний, що характеризується чітко вираженою посушливістю, яка обумовлена домінуванням сухих східних вітрів

на більшій частині території регіону. В середньому в році 225 сонячних днів, а рівень опадів становить 448 мм. Запорізька область є частиною другої кліматичної зони України, в якій середньорічна температура: влітку 22°C, взимку -4,5°C [18].

Головна річка – Дніпро – є третьою за величиною річкою в Європі, яка є важливою транспортною артерією України, з великим Каховським водосховищем. Річка Дніпро є основним джерелом водопостачання промислових об'єктів регіону, задовольняє потреби населення регіону в питній воді, зрошенні земель [19].

Із Запорізької області в інші регіони України відправляється польовий шпат, залізна руда, каолін, вогнетривка глина, камінь облицювальний та будівельний.

Привозиться нафта, газ, вугілля, алюміній, титан, цементна та скляна сировина, гіпс, сировина карбонатна для випалювання на вапно, керамзитова сировина тощо.

На території Запорізької області знаходиться 43 екологічно небезпечних об'єктів [2].

### 1.3.2 Атмосферне повітря

З року в рік основна частина забруднень надходить в атмосферу з підприємств міста Запоріжжя. У 2018 році викиди від стаціонарних джерел запорізьких підприємств склали 71,3 тис. т і 98,2 тис. т, що склало 97 % від загального обсягу викидів в регіоні [17]. Викиди забруднюючих речовин в атмосферне повітря стаціонарними джерелами по Запорізькій області у 2019 році склали 173,4 тис. т. [21]. У 2020 році викиди від стаціонарних джерел запорізьких

підприємств склали 64,9 тис. т [1, 2]. Інформація щодо викидів від стаціонарних джерел за 2021 рік відсутня із-за воєнного стану в країні [23].

Як зазначається у динаміці викидів забруднюючих речовин, по м. Запоріжжю та області, найбільшу лепту в забруднення атмосферного повітря Запорізької області вносять викиди забруднюючих речовин від стаціонарних джерел ПАТ «Запоріжсталь» та ВП Запорізька ТЕС ПАТ «ДТЕК ДНІПРОЕНЕРГО» [1, 2].

Кількість викидів ПАТ «Запоріжсталь» за 2020 рік зменшились та склали 50,249 тис. т, що на 1,58 тис. т менше, ніж у 2019 році. Кількість викидів від ВП Запорізька ТЕС ПАТ «ДТЕК ДНІПРОЕНЕРГО» у 2020 році склали 86,277 тис. т, що на 12,37 тис. т менше, ніж у 2019 році. [1,2]. Обсяги викидів ПАТ «Запоріжсталь» за 2021 рік збільшились, а саме: склали 50,677 тис. т, що на 0,428 тис. т більше, ніж у 2020 році. Обсяги викидів від ВП Запорізька ТЕС АТ «ДТЕК ДНІПРОЕНЕРГО» у 2021 році склали 76,472 тис. т, що на 9,805 тис. т менше, ніж у 2020 році [23].

Головний внесок у забруднення атмосферного повітря м. Запоріжжя вносять промислові підприємства – найбільші забруднювачі, викиди яких становлять орієнтовно 90 % від загального валового обсягу викиду забруднюючих речовин [22, 23].

Це такі підприємства як ПАТ «Запоріжсталь», ПрАТ «Дніпроспецсталь», АТ «Запорізький завод феросплавів», ПрАТ «Український графіт», ПрАТ «Запорізький абразивний комбінат», ПрАТ «Запоріжжкокс», ТОВ «Запорізький титано-магнієвий комбінат», ПрАТ «Запоріжвогнетрив», ПрАТ «Запорізький завод зварювальних флюсів та скловиробів» тощо [22].

Аналіз динаміки викидів забруднюючих речовин в атмосферне повітря виявив, що кількість викидів в атмосферне повітря від стаціонарних джерел у 2018 році порівняно з 2017 роком зменшились на 3 % [17], у 2019 році порівняно з 2018 роком зменшились на 1 % [21], у 2020 році порівняно з 2019 зменшились на 10,5 % [1, 2].



Зменшення обсягів викидів забруднюючих речовин в атмосферне повітря впродовж останніх років обумовлене, головним чином, зменшенням масштабів виробництв найбільшими підприємствами-забруднювачами атмосферного повітря [1, 17, 21].

Моніторинг якості повітря в м. Запоріжжя впродовж 2020 року проводився цілодобово. Відібрано 3625 проб атмосферного повітря, проведено 18179 досліджень, 2345 вимірювань гамма-фону. За цей період встановлено перевищення нормативних значень вмісту забруднюючих речовин у 717 пробах атмосферного повітря – 19,7 % від загальної кількості проб, 968 дослідженнях (за 2019 рік – 14,8 % перевищень) [1].

Найбільше забруднення атмосфери визначалося в Заводському районі – 53,2 % проб з відхиленням гігієнічних нормативів, у Шевченківському – 38,7 %, Дніпровському – 37,1 %, Вознесенівському – 36,2 %, Олександрівському – 23,5 %, Хортицькому – 20,4 % та Комунарському – 14,3 % районах міста [24].

Систематичні спостереження за вмістом забруднюючих речовин в атмосферному повітрі м. Запоріжжя проводяться Запорізьким обласним центром з гідрометеорології на 5 стаціонарних постах [25]:

- 1) пров. Черкаський, 19;
- 2) вул. Рекордна, 2;
- 3) вул. Миру, 1;
- 4) бул. Шевченка, 25;
- 5) вул. Шкільна, 23.

На теперішній час концентрації шкідливих речовин не досягають екстремальних значень, що реєструвалися в області до 1990 року. Однак, існуючий по області рівень забруднення атмосферного повітря є критичним, і може призвести до росту числа хронічних захворювань і негативних тенденцій демографічних показників населення [24].

Основними проблемами забруднення атмосферного повітря м. Запоріжжя, за даними екологічних паспортів за останні роки [17, 21, 23], є:

1) застарілі технології та обладнання, на основі яких функціонують підприємства, і які вже не в змозі забезпечити дотримання встановлених законодавством нормативів гранично допустимих викидів забруднюючих речовин в атмосферне повітря;

2) значна частка газоочисного обладнання, яке експлуатується на підприємствах, морально і фізично застаріла. Газоочисне обладнання підприємств вловлює в основному тільки пил, у той час як інші шкідливі речовини та їх сполуки – оксиди азоту, вуглецю, фенол, сірчисті, фтористі сполуки та інші – викидаються без очищення;

3) великі обсяги викидів забруднюючих речовин в атмосферне повітря від неорганізованих джерел, які сприяють значній загазованості житлових районів;

4) зношення технічного стану та велика кількість автомобілів, використання неякісного пального.

1.4 Світовий досвід використання лишайників у якості як біоіндикаторів стану навколишнього середовища.

#### 1.4.1. Досвід Канади

У цьому дослідженні було виміряно елементний склад чотирьох видів лишайників, зібраних у 2 місцевостях, що покривають більшу частину Північно-Східної Канади [26].

Дослідження проводилися на окремих талломах, які було використано і рівномірно розподілено по дев'яти ділянках відбору проб. Загалом, результати показують, що більша частина Бореального біому Квебеку залишається недоторканою. Елементарний склад лишайників в основному відображає осадження частинок з ґрунтового походження. Інтенсивна гірська діяльність в

цьому регіоні реєструвалася у всіх зразках. Крім того, використання багатовимірного аналізу в цьому дослідженні підкреслювало невеликі аномалії для конкретних металів щодо географії та видів навіть при низьких рівнях концентрації.

Загалом, результати дослідження показують, що більша частина бореальної та субарктичної зон Квебеку все ще залишається недоторканою. Елементарна базова лінія, встановлена в цих популяціях лишайників, сприятиме моніторингу забруднення металів у бореальних та субполярних екосистемах через глобальні зміни клімату та майбутнє промислове розширення.

#### 1.4.2. Досвід Китаю

В даний час рослинність (наприклад, лишайники і мохи) рясно росте на базальтової підкладці. Лишайники та мохи покривають більшу частину вулканічної території, з деревними рослинами, такими як чагарники, альтанки та берези, що ростуть у сильно вивітрованих районах.

Аналіз показав, що лишайники і мохи можуть абсорбувати і переносити часткові мікроелементи з базальтового субстрату. Для підтримки їх росту лишайники повинні поглинати не тільки необхідні мікроелементи, але також деякі токсичні елементи, такі як S, які можуть бути асимільовані в рослинність з суміжного базальту.

Більшість елементів демонструють синхронні кореляції між базальтами та лишайниками, за винятком Cr, Co, Cu, Zn та Os, що вказує на те, що лишайники частіше поглинають Cr, Co, Cu, Zn та Os, ніж інші елементи [28].

### 1.4.3. Досвід Індії

Проведено дослідження розподілу лишайників на різних висотах, що охоплюють різні агрокліматичні зони гірського масиву Йерко, розташованих у східних Гатах Тамілнаду, Індія. Різні живі та неживі субстрати були зібрані разом з талломами лишайників для вивчення природи прикріплення та для перевірки вмісту вологи, рН та буферизації. Під час огляду прикріплення лишайників на срібних дубах і скелях було рівномірним.

Лишайникову ідентифікацію проводили, дотримуючись стандартних методик від роду до видового рівня відповідно методики Awasthi. Морфологія лишайників, анатомія, форми росту, порошкоподібний вид на талломах і характер плодових тіл зазнали критичного аналізу для ідентифікації лишайникових спільнот. Спостерігалася пряма кореляція між вологістю рослинного дерева та прихильністю проростання різних видів лишайників.

Дослідження було проведено з метою оцінки різного мінерального складу лишайника, який показав, що серед основних елементів, кальцій був виявлений у високій концентрації, за ним слідують магній, калій і фосфор. Серед мікроелементів було виявлено, що вміст заліза вище, ніж вміст цинку, марганцю і міді. Дослідження показало, що спостерігається значне погіршення щільності лишайників через забруднення повітря в горах Еркауд [28].

### 1.4.4. Досвід Нової Зеландії

Використання лишайників для оцінки якості повітря в Новій Зеландії широко не вивчалось, незважаючи на їх широке застосування у всьому світі. Через цю відсутність уваги, немає жодного виду лишайників, який був офіційно

підтверджений для місцевого використання в якості біомонітора забруднення повітря, хоча кілька видів були ідентифіковані як потенційно корисні. Найбільш перспективним з них є *Parmotrema reticulatum*. Спільними місцями знаходження цього виду є стовпи, ворота, фермерські перила, дерева в парках і садах, де вони зустрічаються дуже часто в порушених місцях проживання, а не в місцевій рослинності.

Районом проведення досліджень став район Великого Окленда Нової Зеландії. Якість повітря в Окленді сильно залежить від викидів автотранспорту та морських аерозолів.

В даному дослідженні було використано кілька методів, такі як: аналіз кластерів, аналіз головних компонентів, позитивна матрична факторизація в цілому результати показують, що антропогенна діяльність в основному відповідає за загальні масові концентрації V, Cr, Mn, Co, Ni, Cu, Zn, as, Cd, SB, Pb і TН. Автотранспортні засоби становлять 11,8% від загальної елементної концентрації в даних лишайників [29].

#### 1.4.5. Досвід Антарктики.

Антарктида – це віддалений регіон з унікальним середовищем, який десятиліттями вважається незайманою територією. На жаль, в атмосфері, снігу, морських і наземних організмах виявлені численні забруднювачі. Наукові станції, туризм та рибальство впливають як на наземні, так і на морські екосистеми. Забруднення в Антарктиці, про яке йдеться, також пов'язане з використанням викопного палива, аварійних розливів палива, вихлопних газів, спалювання відходів та видалення стічних вод [30].

За останні десятиліття кілька екосистем Антарктики піддавалися інтенсивному моніторингу. Інформація про вміст мікроелементів у лишайниках

з Антарктиди фрагментована за видами та елементами. Представлені дані в основному стосуються свинцю, кадмію, цинку, міді та хрому. Областю дослідження є півострів Поттера, Південні Шотландські острова Антарктики. Клімат там переважно прохолодний океанічний, вільних від льоду, вони покриті більш низькими рослинами, такими як лишайники і мохи.

Видовий склад лишайників відображає відмінності між обраними ділянками, в залежності від відстані до населеного пункту. Деякі елементи талому лишайників мали більш високі концентрації поблизу станції Карліні у вигляді стибій, броду, цинку та заліза, тоді як цезій був вищим в іншій області. Бром і селен показали значне збагачення у всіх місцях відбору проб. Моніторинг стану лишайників дозволить виявити можливі джерела цих елементів, що надасть цінну інформацію про управління районами Антарктики, що знаходяться під охороною [31].

#### 1.4.6. Досвід Малайзії

Науковцями M. W. Samsudin, L. Din, Z. Zakaria, J. Latip, T. Lihan, A. A. Jemain, F. Samsudin [32] у 2012 році проводились дослідження щодо визначення якості повітря за допомогою лишайників в університетському містечку Кебангсан Бангі, Малайзія. Метою дослідження було визначити забруднені райони.

Результати показали, що якість повітря може бути віднесена до 4 рівнів, оцінка якості повітря оцінювалася для визначення рівня забруднення в районах, де росли лишайники. У районах середньої частини кампусу та поблизу головної дороги основним джерелом забруднення є головна дорога – загальний маршрут для всіх транспортних засобів, що в'їжджають та виїжджають з кампусу. Викиди автотранспортних засобів виділяють гази двоокис азоту, монооксид вуглецю,

свинець, цинк, мідь, нікель. Так само виявлені області, розташовані поруч з дорогами, але вони мають якість повітря як «помірно чисту». Це пов'язано з тим, що дорога не є головною дорогою для транспортних засобів в кампусі.

Загальна якість повітря в кампусі помірно чиста. Тим не менш, моніторинг і контроль необхідні для того, щоб запобігти впливу забруднювачів на стан повітря в університетському містечку.

#### 1.4.7. Досвід Італії

Сміттєспалювачі є потенційними джерелами важких металів, поліциклічних ароматичних вуглеводнів, які можуть забруднювати повітря, ґрунт, воду та біоту. Використання лишайників як біоіндикаторів забезпечує особливу точку зору на атмосферне середовище, і різні методи біоіндикації доступні на основі їх конкретної відповіді. Область дослідження розташована у внутрішній частині регіону Молізе (Італія) і розташована вздовж алювіальної рівнини річки Вольтурно, що межує з двома горбистими ланцюгами, що проходять від північного сходу до південного заходу.

Зареєстрована епіфітна флора лишайників включала 129 видів. Більшість з них були нітрофільними видами, широко поширеними в промисловій зоні та на дні долини, тоді як не-нітрофільні види більш поширені на навколишніх пагорбах.

Біорізноманіття, засноване на функціональних рисах, показало, що розрахункові оліготрофні види значно збільшуються з відстанню від промислового району, причому більш високі значення на лісових ділянках, вказують на те, що високі частоти оліготрофних видів відповідали ділянкам з більш високою якістю навколишнього середовища, а високі значення нітрофільних видів відповідали місцям з більш високою евтрофікацією.

Зразки лишайників показали збільшення пошкодження клітинної мембрани та зниження життєздатності. У зразках було накопичено кілька мікроелементів – миш'яку, міді, заліза, міді, ванадію і ртуті. Беручи до уваги комплексний вплив забруднення повітря на екосистеми, комплексне використання методів біоіндикації з використанням лишайників, відображають поточні процеси та їх вплив на навколишнє середовище, що може забезпечити корисні біологічні результати для посадових осіб, які приймають рішення, для встановлення правильної науково-обґрунтованої екологічно стійкої політики управління відходами [33].

#### 1.4.8. Досвід США

Метою дослідження науковців [34], було рекомендувати вдосконалені методи моніторингу з використанням мохів і лишайників. Район дослідження включає Штати Вісконсін та частини 25 сусідніх штатів Іллінойс, Айова та Міннесота. Було зібрано п'ять видів лишайників, поширених у східній частині Північної Америки. Ділянками збору були лісові просіки, або кромки. Для аналізу було перевірено 20 елементів, шість з яких були виключені.

Карти вибраних змінних та лишайників показують більш високе забруднення повітря в більш Південному та густонаселеному екологічному регіоні східного широколистяного лісу.

Підсумком дослідження є те, що біоіндикація з використанням природних лишайників дозволяє більш широко охопити і зробити більш інтенсивний відбір проб, що впливає на загальну вартість програми в порівнянні з іншими варіантами. В той час місцева якість повітря краща, ніж регіональні модельовані змінні. Біомоніторинг з трансплантацією лишайників, практично нездійснений



для великомасштабного моніторингу, оскільки він вимагає дорогих багаторазових відвідувань на одну ділянку і пересадок на джерело.

### 1.5 Ліхеноіндикація стану атмосферного повітря в Україні

Проблема забруднення природного середовища – одна з глобальних проблем сучасності. У зв'язку з активним розвитком індустріальних центрів, промисловості, транспорту до атмосфери надходить велика кількість забруднюючих речовин. Найгострішою екологічною проблемою у великих промислових містах є проблема забруднення атмосферного повітря викидами шкідливих речовин підприємств. Антропогенний чинник впливає на біорізноманіття біогеоценозів [35].

В атмосферному повітрі зустрічають десятки різних забруднювачів, які є токсичними, та чинять шкідливий вплив як на людину, так і на інші живі організми. Тому в містах та на територіях, що прилягають до підприємств, створені системи контролю за забрудненням і змінами його концентрацій. Результати, що отримують завдяки використанню таких приладів повідомляють про стан атмосферного повітря лише на цей момент та фрагментарно, мережа систем контролю недостатньо густа, а її розширення обмежене в зв'язку з високою ціною приладів.

Вплив антропогенних чинників на навколишнє середовище, викликав проблему збереження стану рівноваги в природі та збереження екосистем. Саме через це на сьогодні все більшої актуальності набуває проблематика якісної експрес оцінки рівня забруднення компонентів довкілля [36].

Одним із методів такої оцінки є біоіндикація. Біоіндикація має низку переваг перед інструментальними методами вимірювання. Вона характеризується високою ефективністю, та не вимагає великих затрат, але

потребує порівняно мало часу для оцінки стану навколишнього середовища на значній території [37]. Сьогодні методи біоіндикації – оцінки забруднення атмосферного повітря кислотними забруднювачами, пилом, важкими металами, радіонуклідами – неможливо уявити без використання лишайників, бо ці симбіотичні організми залежать від стану повітряного середовища, тому що, воду та мінеральні речовини вони отримують з повітря. Окрім того, лишайники, порівняно з іншими рослинами, характеризуються більшою стійкістю до низьких та високих температур та стійкістю до відсутності води. Через це лишайники є живими індикаторами стану атмосферного повітря та довкілля в цілому, а метод (окремий випадок біоіндикації) зветься «ліхеноіндикація».

Ліхеноіндикація стану атмосферного повітря в Україні була застосована у 1990-х роках. Ліхеноіндикаційні дослідження ступеня забрудненості атмосферного повітря були проведені у Львові [38], Тернополі [39], Луцьку [40], Рівному [41], Івано-Франківську [42], Чернігові [43], Херсоні [44], Кременчуці [45], Харкові [46], Полтаві [47], Києві [48]. У 1997 році С. Я. Кондратюком, був виявлений ступінь забруднення повітря у м. Львові за допомогою моніторингу – методом індикаторних видів Lichenes. Ліхеноіндикаційне картування у м. Харкові, було проведене вченим О. В. Кривко [49].

Було визначено, що найкраща екологічна ситуація серед перерахованих міст була час дослідження була в м. Тернопіль. На противагу останньому, у Львові через особливості рельєфу і відсутності циркуляції повітря, у центрі міста був встановлений найвищий рівень забруднення повітря. Дослідники використовували методи розрахунку індексу чистоти повітря, метод індикаторних видів та картування поширення видів епіфітних лишайників. У процесі проведення методу індикаторних видів, було встановлено, що для умов рівнинної частини України найкращими середньо чутливими індикаторами є листоваті лишайники *Herogymnia physodes*, *Parmelia sulcata*, а ще представники родини Parmeliaceae: види *Pleurosticta acetabulum*, *Parmelina tiliacea*, *Melanelie glabratula*, *Melanelie exasperatula*, *Melanelie exasperata*. Більш стійкими до

кислотного забруднення в умовах рівнинної України виявились *Lecanora conizaeoides* та *Scoliciosporum chlorococcum*, а до пилового забруднення види родів *Phaeophyscia* (*P. orbicularis*), *Xanthoria* (*X. parienina*, *X. polycarpa*), *Physcia* (*P. stellaris*, *P. ascendens*, *P. tenella*). Найчутливішими до атмосферного забруднення виявилися кущисті лишайники родів *Ramalina*, *Evernia*, *Pseudevernia*, тощо.

Картування змін видового різноманіття епіфітних лишайників, поширення груп видів з подібною сприйнятливістю до забруднення атмосфери, а також картування даних розрахунку індексу чистоти атмосфери дозволила порівняти ліхеноіндикаційну оцінку ступеня забрудненості атмосферного повітря у великих (Львів, Київ) та середніх (Івано-Франківськ, Тернопіль, Луцьк, Рівне, Полтава, Кропивницький) містах України.

Здійснивши аналіз інформаційних джерел, можемо стверджувати, що на даний час екологічна ситуація в таких містах: Івано-Франківськ, Луцьк, Тернопіль і Рівне сприятливіша, ніж у великому місті Львові, де низка мікрокліматичних умов шкідливий вплив поллютантів на біосферу. Більш сприятлива екологічна ситуація щодо забрудненості атмосферного повітря за ліхеноіндикаційними даними представлена у м. Тернополі. В Івано Франківську, Луцьку та особливо у Рівному атмосферне повітря є більш забрудненим. Міста Полтава, Кропивницький та центральна частина м. Києва віднесені до помірно забруднених територій за ліхеноіндикаційними даними.

Насьогодні в Україні здійснюється комплекс організаційних заходів, метою яких є реалізація сучасної політики в сфері контролю за забрудненням атмосферного повітря. Для контролю за екологічною ситуацією ведеться робота щодо вдосконалення автоматизованої системи екологічного моніторингу.

Та вивчивши це питання, вважаємо, що найбільш перспективним та економічно вигідним є напрямок біомоніторингу на основі індикаторних видів *Lichenes*, оскільки біоіндикаційні методи дослідження стану атмосферного повітря з використанням лишайників мають низку переваг, а саме:

- 1) низька вартість;
- 2) потребують мало часу для оцінки стану атмосферного повітря на значних територіях;
- 3) відображають середні показники за багато років;
- 4) характеризуються більшою стійкістю до низьких та високих температур та стійкістю до відсутності води в порівнянні з іншими індикаторними видами. Тому можна вважати ліхеноіндикацію перспективним напрямом досліджень екологічної ситуації в Україні.

## 2 МАТЕРІАЛИ ТА МЕТОДИ ДОСЛІДЖЕННЯ

### 2.1 Програма досліджень

У відповідності до мети наукової роботи була сформована наступна програма:

- 1) на території районів міста обрати 3 ділянки відбору проб з різним рівнем антропогенного навантаження;
- 2) з використанням комп'ютерного додатку «Adobe Photoshop» [53] визначити, який відсоток від загальної площі рамки займають види лишайників;
- 3) провести статистичний аналіз отриманих даних;
- 4) зробити висновки щодо рівня забруднення районів м. Запоріжжя.

В роботі використано метод біоіндикації стану атмосферного повітря з використанням лишайників, який відповідає рівню забруднення атмосферного повітряного середовища міста (за 5 зонами).

### 2.2. Методика досліджень

Автотранспорт та об'єкти промисловості – є основним забруднювачем атмосферного повітря м. Запоріжжя. Він впливає на самопочуття мешканців міста, спричиняє шум, забруднення повітря й ґрунтів. У кожному районі м. Запоріжжя обиралися 3 точки відбору проб з урахуванням:

- 1) перша точка дослідження знаходиться біля автотранспортного шляху з інтенсивним рухом;
- 2) друга точка дослідження знаходиться у лісо-паркових насадженнях;
- 3) третя точка дослідження знаходиться біля масиву житлових будинків.

Ці точки (табл. 2.1, рис. 2.1-2.7) були обрані для того, щоб оцінити стан атмосферного повітря біля помешкання людей, у рекреаційних зонах районів – у місцях мінімального антропогенного впливу та визначити стан повітря у найбільш антропогенно навантаженому місці.

Таблиця 2.1 – Точки дослідження ліхенофлори в районах міста Запоріжжя.

№ точки	Район	Вулиця/парк/проспект
1-5	Вознесенівський	парк Перемоги
6-10	Вознесенівський	просп. Соборний
11-15	Вознесенівський	вул. Електрозалізнична
16-20	Дніпровський	вул. Ленська
21-25	Дніпровський	вул. Бородинська
26-30	Дніпровський	вул. Руставі
31-35	Заводський	вул. Гончара, Висотна
36-40	Заводський	Маркусова балка
41-45	Заводський	Північне шосе
46-50	Комунарський	Північно-Кільцева вулиця
51-55	Комунарський	вул. Космічна
56-60	Комунарський	Сквер Гагаріна
61-65	Олександрівський	Дубовий Гай
66-70	Олександрівський	просп. Соборний
71-75	Олександрівський	вул. Дніпровська
76-80	Хортицький	Парк Поколінь, Ювілейний
81-85	Хортицький	вул. Новгородська
86-90	Хортицький	вул. Світла
91-95	Шевченківський	проспект Моторобудівників
96-100	Шевченківський	вул. Чарівна
101-105	Шевченківський	вул. Олександра Анашкіна

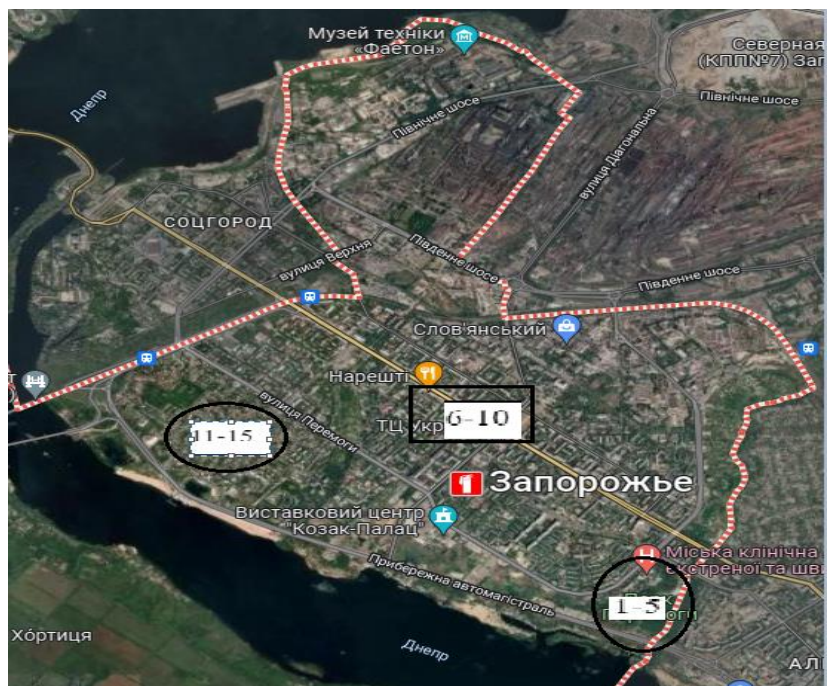


Рисунок 2.1. – Карта-схема точок дослідження Вознесенівського району.

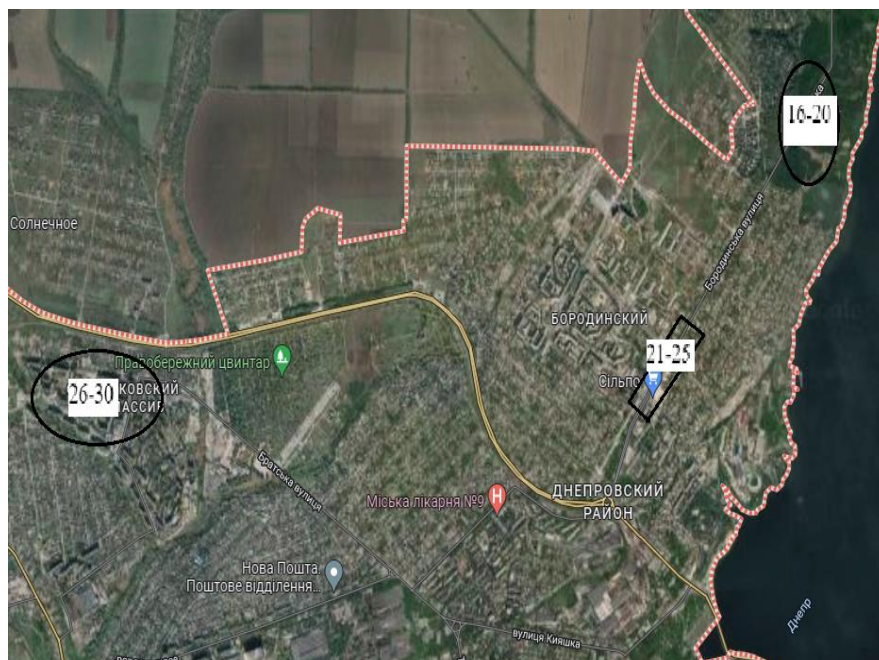


Рисунок 2.2. – Карта-схема дослідження Дніпровського району.



Рисунок 2.3. – Карта-схема точок дослідження Заводського району.

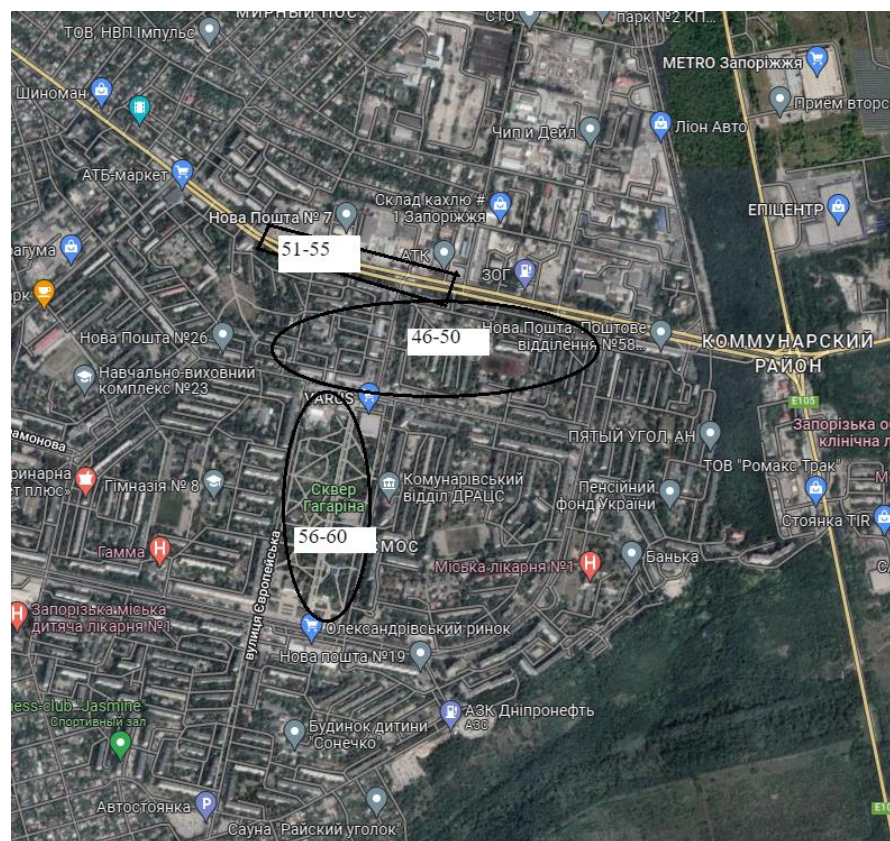


Рисунок 2.4. – Карта -схема точок дослідження Комунарського району.



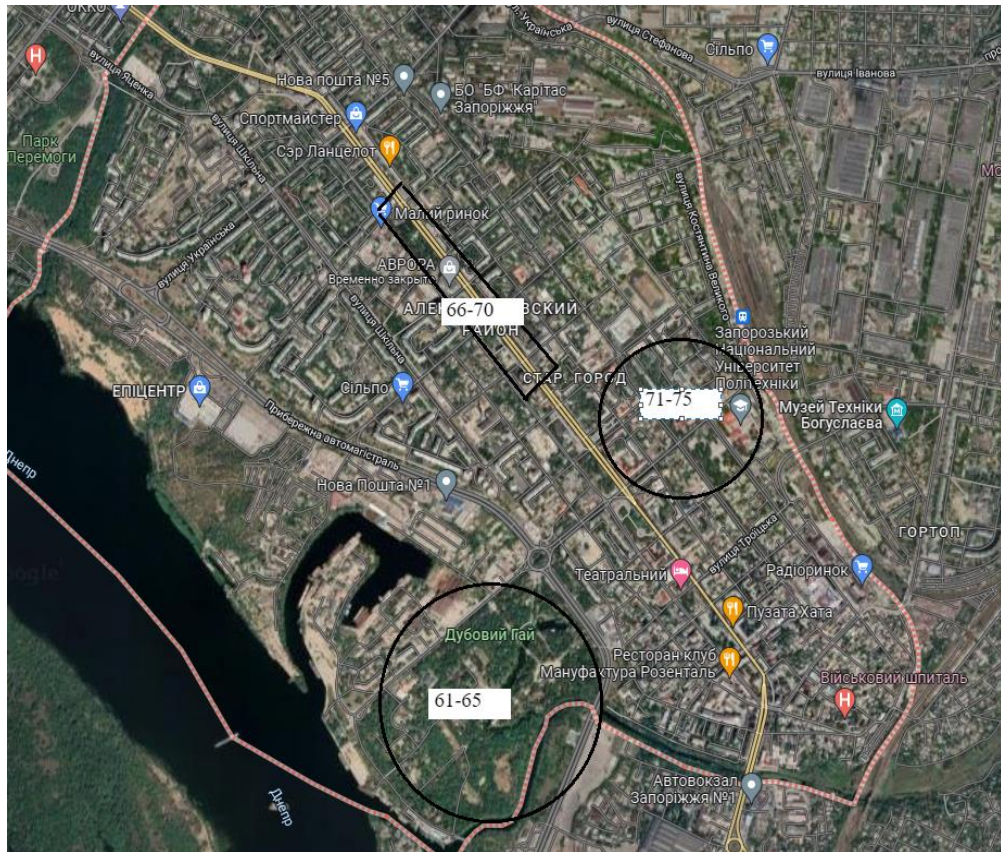


Рисунок 2.5. – Карта-схема точок дослідження Олександрівського району.

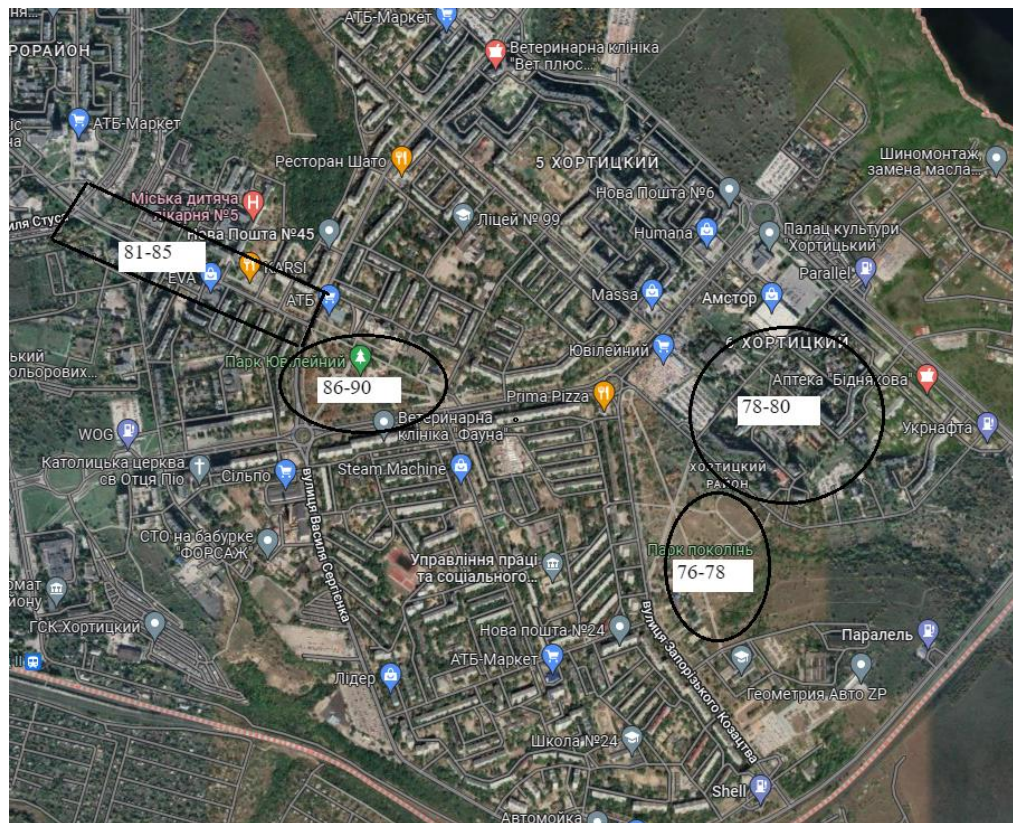


Рисунок 2.6. – Карта-схема точок дослідження Хортицького району.



Рисунок 2.7. – Карта-схема точок дослідження Шевченківського району.

Оцінку забруднення атмосферного повітря м. Запоріжжя було проведено використовуючи як біоіндикатор лишайники тому, що:

- 1) вони поширені у всіх районах міста,
- 2) невибагливі до умов зростання
- 3) дуже чутливі до забруднень атмосферного повітря.

У кожному районі м. Запоріжжя обстежували 5 модельних, здорових дерев, що ростуть окремо за кожною з 3-х особливостей. Лишайники обиралися при основі дерев (форофітів) з родів тополя, клен, верба, ясен, береза та інші. На кожному дереві визначали вид та кількість лишайників та робили фотографію з рамкою 20x20 см (рис. 2.8).



Рисунок 2.8. – Рамка для визначення ступеня покриття дерева лишайниками.

Після збору фотографій, за допомогою комп'ютерного додатка *Adobe Fotoshop*, знаходили кількість пікселів [59] які займають лишайники (рис. 2.9).

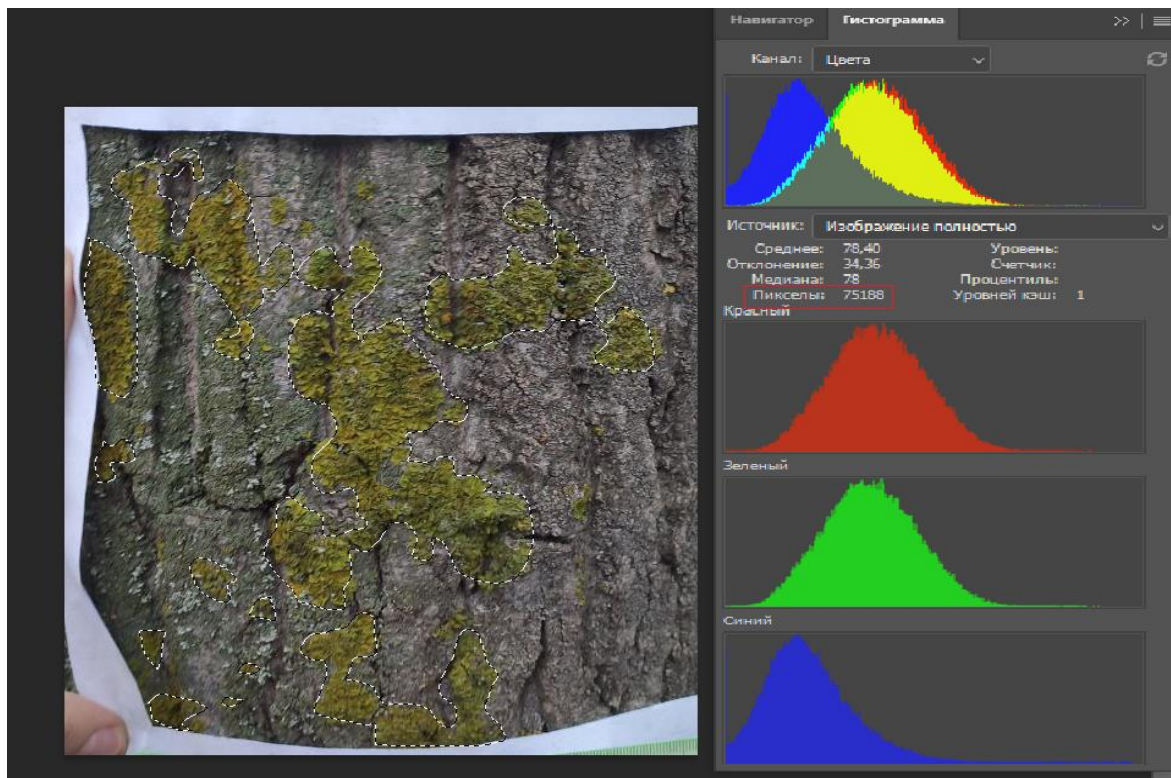


Рисунок 2.9. – Знаходження кількості пікселів за допомогою комп'ютерного додатка *Adobe Fotoshop*.

Отриману кількість пікселів лишайників переводили у площу  $\text{см}^2$  [60] за формулою 2.1:

$$S = \frac{Pixel}{100}, \quad (2.1)$$

де  $S$  - площа лишайників,  $\text{см}^2$ ;

$Pixel$  - кількість пікселів які займає лишайник.

Після отримання площі лишайників нами було підраховано ступінь покриття деревного стовбура лишайником, у відсотках, за формулою 2.2:

$$C = \frac{S*100}{S_p}, \quad (2.2)$$

де  $C$  - ступінь покриття деревного стовбура лишайником, %;

$S$  - площа лишайників,  $\text{см}^2$ ;

$S_p$  - площа рамки,  $\text{см}^2$ .

На кожному дереві було описано одну ділянку. Дослідження проводили за наявності якогось одного виду лишайників в зоні дослідження. [50]. Таким чином, для кожної точки дослідження рахувалися відсотки покриття. Після проведення дослідження для кожної ділянки визначали середній відсоток покриття. Ці показники також осереднюються, і визначається комплексний показник ступеня покриття стовбурів дерев лишайниками (у %) для кожного району міста Запоріжжя. Чим більший показник ступеня покриття стовбура дерев лишайниками (чи він ближчий до 100 %), тим чистіше повітря у районі дослідження. Є прямий зв'язок між середнім ступенем покриття дерев лишайниками і концентрацією діоксиду сірки в атмосферному повітрі [52].

Після обробки всіх даних, ділянки та райони м. Запоріжжя оцінювали за шкалою Х.Трасса (табл. 2.2).

Таблиця 2.2. – Шкала для визначення забруднення повітря за видовим складом лишайників [51].

Зона забруднення, % покриття лишайниками стовбурів дерев	Ступінь забруднення	Характеристика лишайників
I зона, < 5 %	Дуже сильне	Лишайників немає, лише водорість плеврокок на деревах і каміннях
II зона, < 15 %	Сильне забруднення	Лишайник леканора
III зона, < 20 %	Середнє забруднення	Пармелія на камінні, на деревах відсутня
IV зона, < 30 %	Відносне забруднення	Сірі листуваті лишайники з'являються на стовбурах дерев
V зона, < 50 %	Зона чистого повітря	З'являються кущисті лишайники, в тому числі евернія
VI зона, < 100 %	Дуже чисте повітря	Кущисті, в тому числі уснея

### 3 ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНА ЧАСТИНА

Під час дослідження лишайників збирали з добре освітлених, окремо зростаючих модельних дерев листяних порід. Найпоширенішими видами лишайників на території м. Запоріжжя є *Xanthoria parietina* та *Physcia stellaris* (рис. 3.1.).



а

б

Рисунок 3.1 – Найбільш поширені в місті Запоріжжі види лишайників:  
а – *Xanthoria parietina*, б – *Physcia stellaris*

Методом ліхеноіндикації нами проведено аналіз стану атмосферного повітря в кожному районі міста Запоріжжя.

Так в Вознесенівському районі найбільший відсоток лишайників зафіксовано біля житлових будинків, а найменший в рекреаційних ділянках, а саме в парку Перемоги (рис. 3.2).

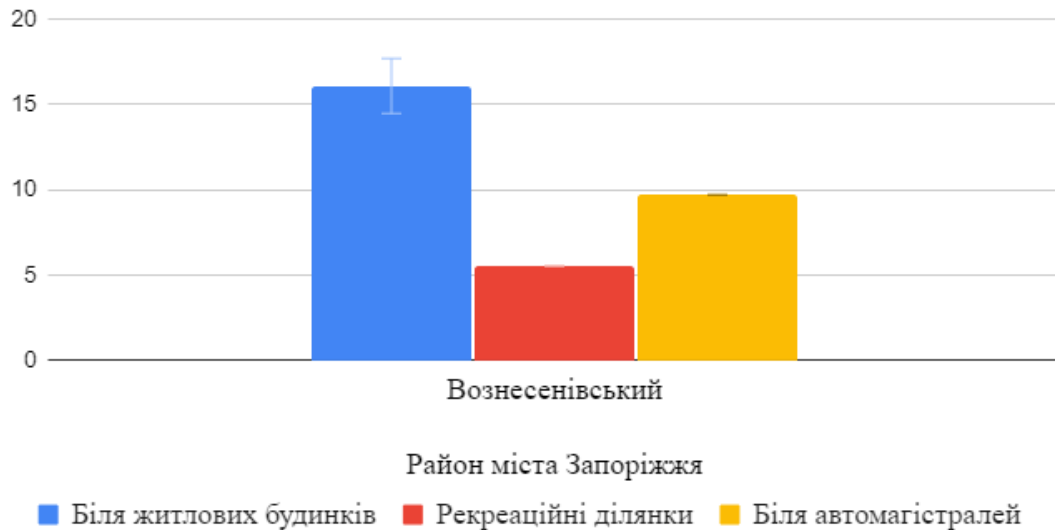


Рисунок 3.2 – Ступінь покриття досліджуваних дерев лишайниками в залежності від якості атмосферного повітря в Вознесенівському районі міста Запоріжжя в 2022 році.

У Дніпровському районі найбільший відсоток лишайників також зафіксовано біля житлових будинків, а найменший біля автошляхів (рис. 3.3).

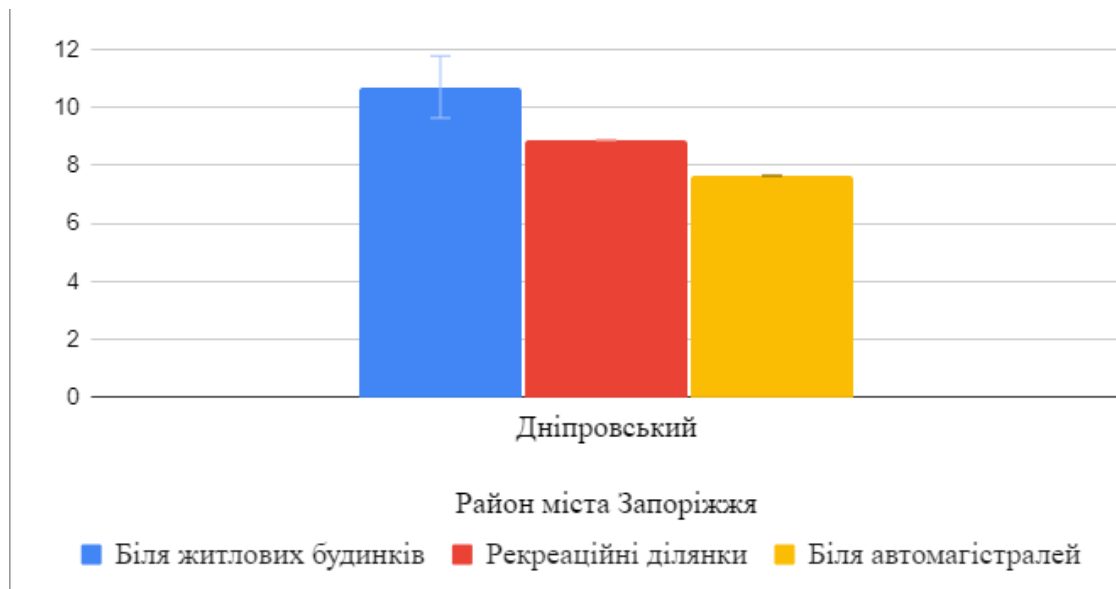


Рисунок 3.3 – Ступінь покриття досліджуваних дерев лишайниками в залежності від якості атмосферного повітря в Дніпровському районі міста Запоріжжя в 2022 році.

Подібні тенденції спостерігалися і Заводському, Хортицькому районі

міста (рис. 3.4-3.5).

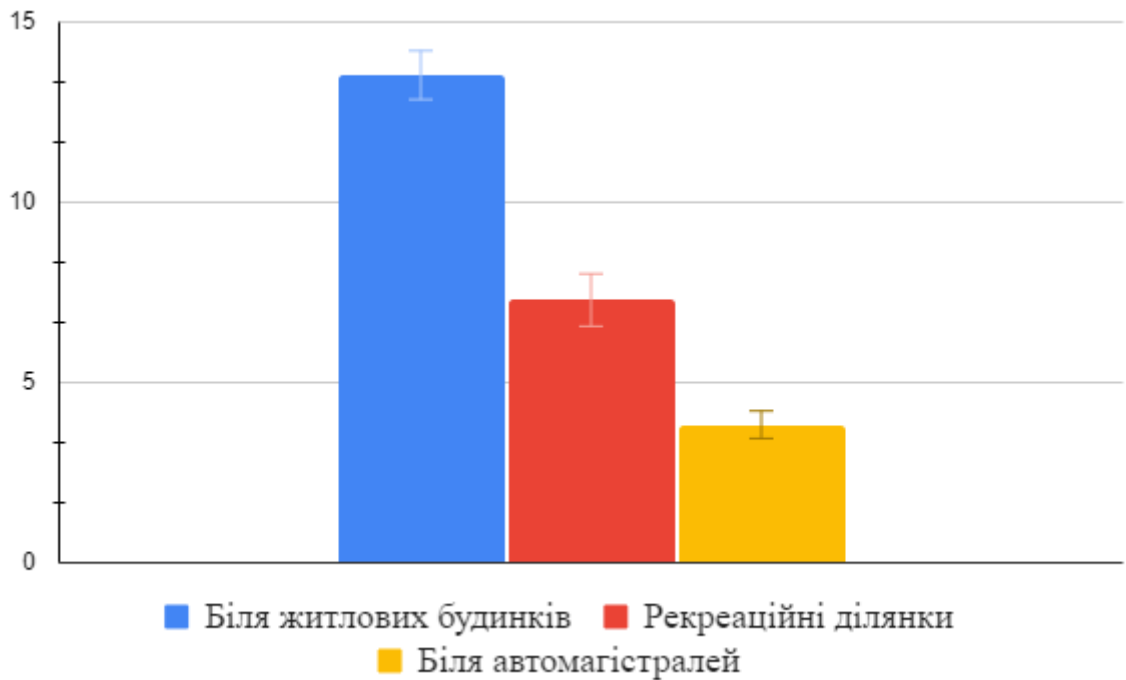


Рисунок 3.4 – Степінь покриття досліджуваних дерев лишайниками в залежності від якості атмосферного повітря в Заводському районі

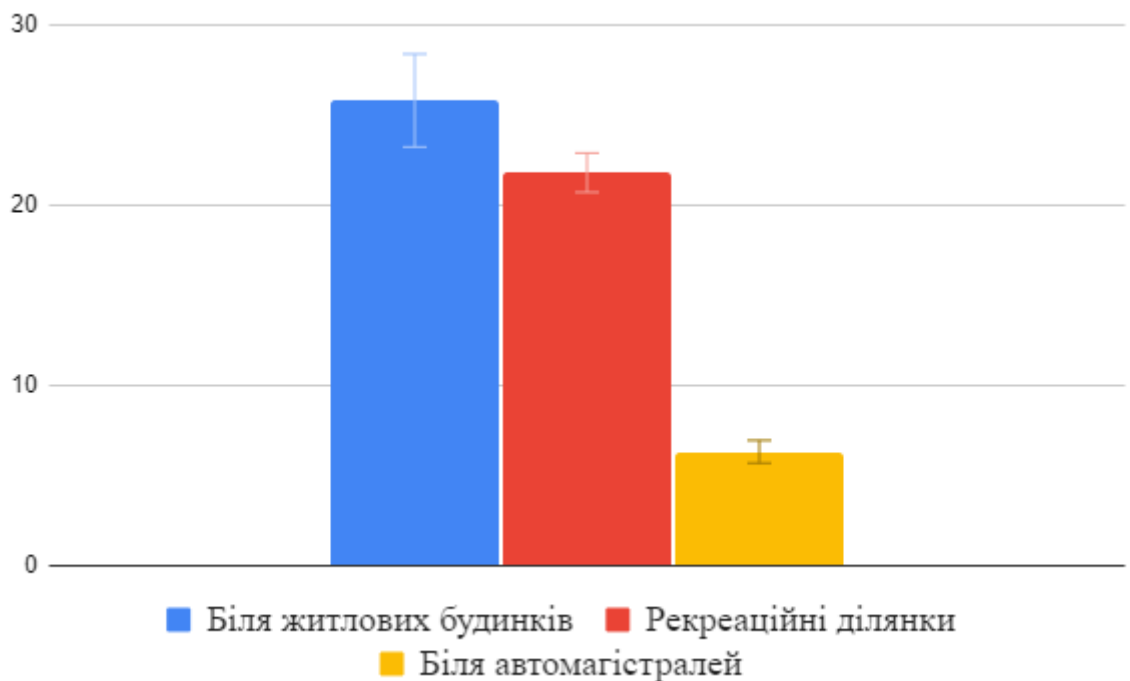


Рисунок 3.5 – Степінь покриття досліджуваних дерев лишайниками в залежності від якості атмосферного повітря в Хортицькому районі

В Олександрівському районі найбільший відсоток лишайників



зафіксовано в рекреаційних ділянках, а саме в парку Дубовий Гай (рис. 3.6.), в той час як найменший показник був біля житлових будинків.

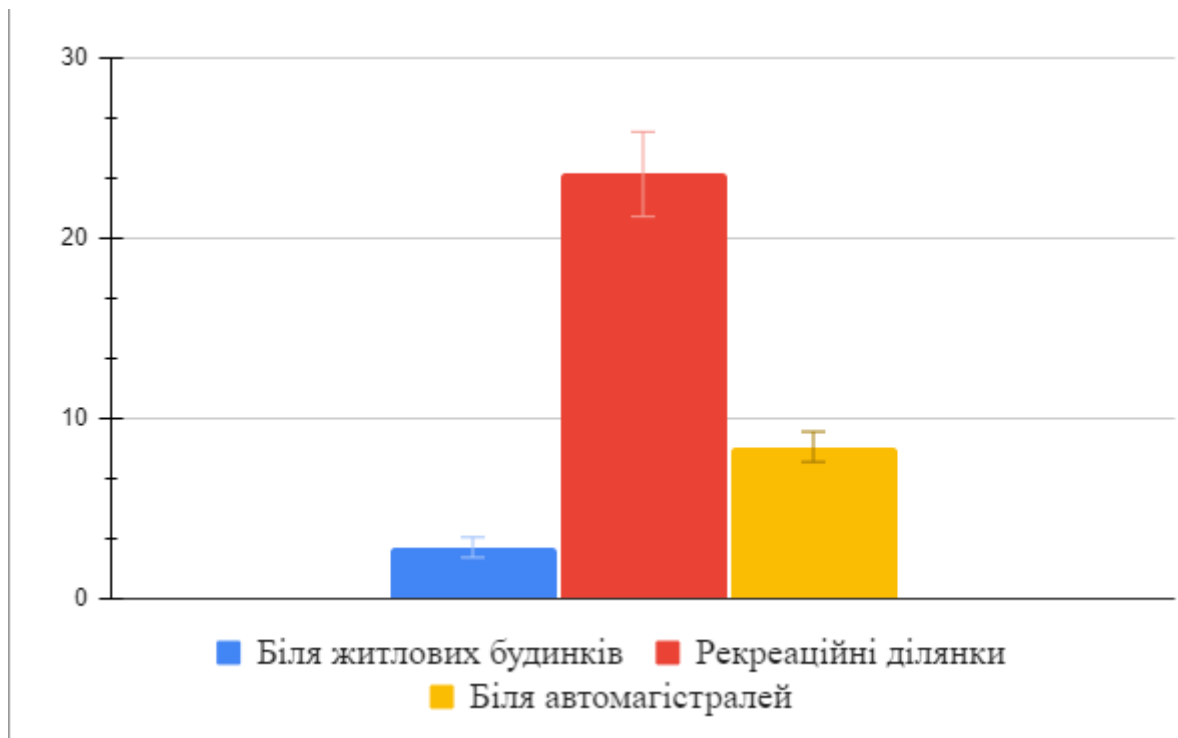


Рисунок 3.6 – Ступінь покриття досліджуваних дерев лишайниками в залежності від якості атмосферного повітря в Олександрівському районі

В Комунарському районі нами зафіксована не типова для міста ситуація, оскільки найбільший відсоток лишайників був біля автомагістралей, а найменший біля житлових будинків (рис. 3.7.).

В Шевченківському районі найбільший відсоток лишайників зафіксовано біля автомагістралей як і в Комунарському районі, а найменший в рекреаційних ділянках (рис. 3.8).

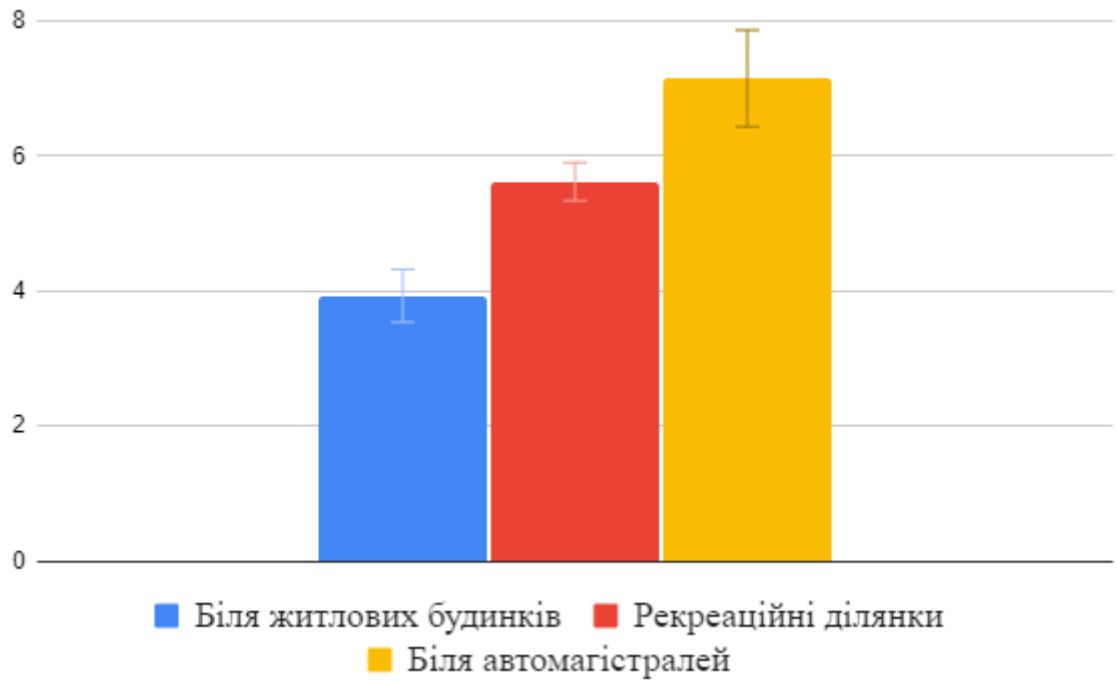


Рисунок 3.7 – Степінь покриття досліджуваних дерев лишайниками в залежності від якості атмосферного повітря в Комунарському районі

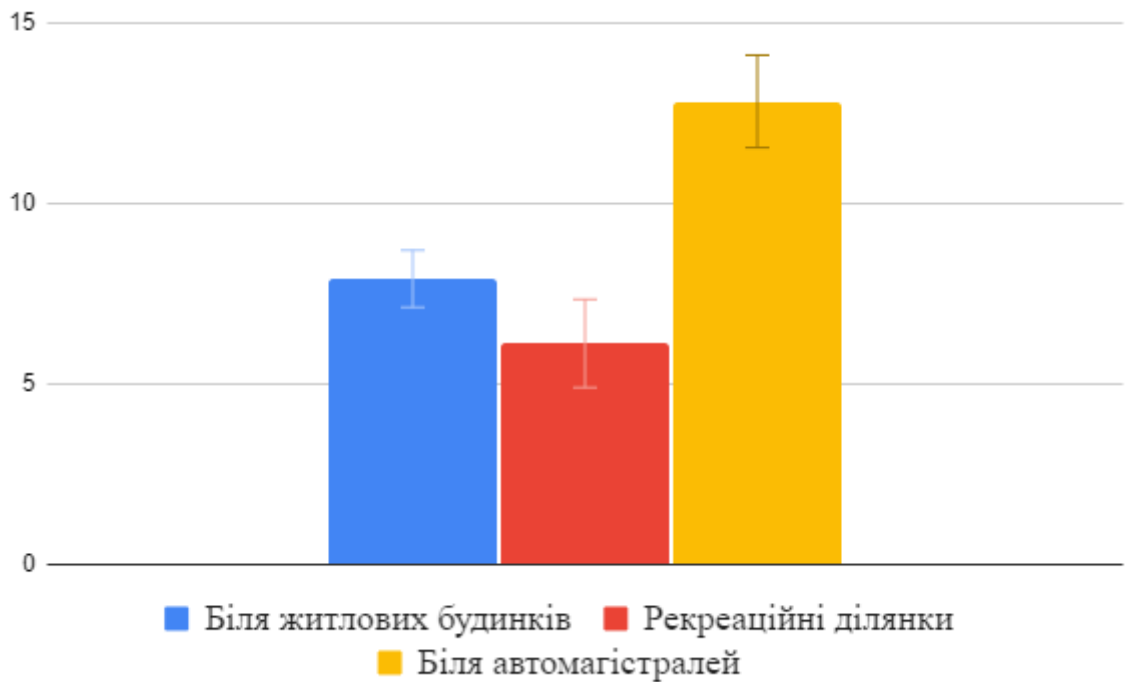


Рисунок 3.8 – Степінь покриття досліджуваних дерев лишайниками в залежності від якості атмосферного повітря в Шевченківському районі

Тож можна зробити висновок, що ступінь покриття дерев в залежності де

вони знаходяться різняться по районах міста.

Найбільш заселені лишайниками дерева біля житлових будинків в Хортицькому районі, найменше в Олександрівському (рисунок 3.9.). Це обумовлено впливом автотранспорту, якого в Олександрівському районі більше.

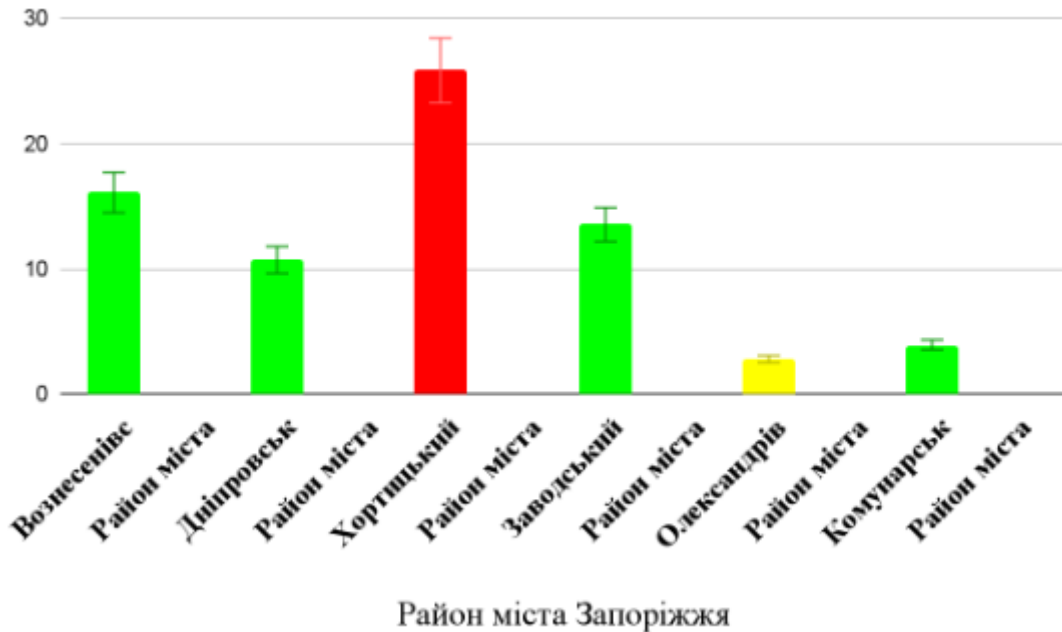


Рисунок 3.9 – Порівняння ступеня заселеності лишайниками дерев біля житлових будинків по районах міста Запоріжжя у 2022 році

В Олександрівському і Хортицькому районах нами зафіксовані найбільші показники заселеності дерев рекреаційних зон (рис. 3.10), що свідчить про найменшу кількість антропогенних факторів які впливають на лишайники у цих зонах. Це може бути пов'язане з великою площею рекреаційних зон, що запобігає проникненню забруднення та знаходженням поряд водойм що позитивно впливають на ріст лишайників.

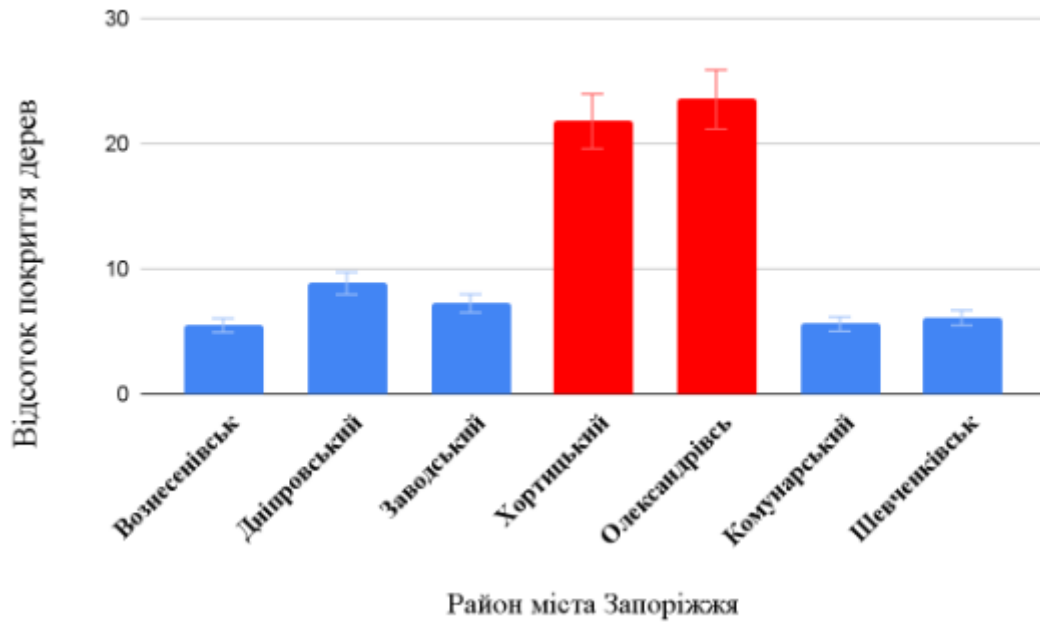


Рисунок 3.10 – Порівняння ступеня заселеності лишайниками дерев в рекреаційних ділянках по районах міста Запоріжжя у 2022 році.

Найбільш заселені лишайниками дерева у Шевченківському районі, а найменш – в Заводському (рис. 3.11) що свідчить про велику навантаженість ліхено-флори від викидів автотранспорту.

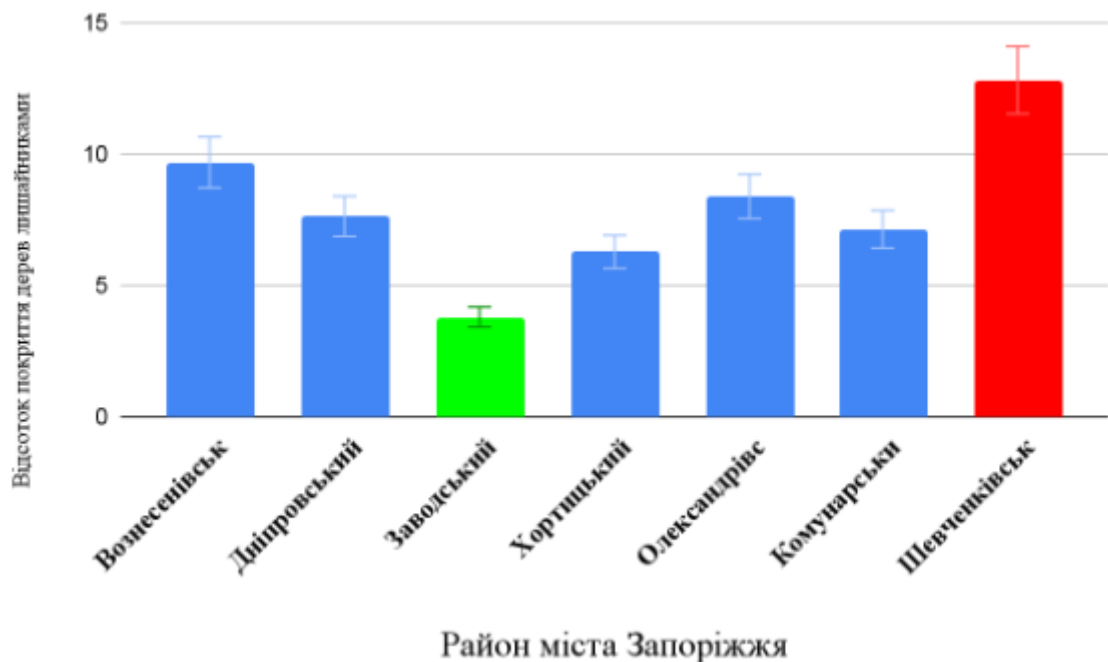


Рисунок 3.11 – Порівняння ступеня заселеності лишайниками дерев поблизу автомагістралей по районах міста Запоріжжя у 2022 році.

Оцінивши загальний ступінь покриття лишайником дерев у районах міста Запоріжжя за отриманими ліхеноіндикацією даними, визначали екологічні зони районів відповідно методики Х. Трасс (див. табл 2.2, табл. 3.1).

Таблиця 3.1 – Ранжування районів міста за станом атмосферного повітря районів міста Запоріжжя визначених методом ліхеноіндикації.

Район м. Запоріжжя	Загальний ступінь покриття лишайником	Екологічна зона
Хортицький	17,9±0,05*	Середнє забруднення
Вознесенівський	10,4±0,5*	Сильне забруднення
Олександрівський	11,5±0,01*	Сильне забруднення
Дніпровський	9,0±0,01*	Сильне забруднення
Шевченківський	8,9±0,05*	Сильне забруднення
Заводський	8,2±0,15*	Сильне забруднення
Комунарський	5,6±0,1*	Дуже сильне забруднення

Примітка. \* –  $P < 0,05$  рівень значущості

Аналіз отриманих нами результатів свідчить про досить загрозливий екологічний стан атмосферного повітря у Комунарському районі м. Запоріжжя. В цілому, чистими зонами, визначеними методом ліхеноіндикації (показник покриття лишайниками більше 20 %), виявилися зони біля житлових масивів та паркових територій. Так, у парку Перемоги ступінь покриття 32,3 %, у парку Покоління – маємо найвищий показник 42,0 %. Зонами середнього забруднення (показник 15-20 %) є зони житлових масивів. Зонами значного забруднення є місця біля автошляхів. Це в основному магістралі, які знаходяться в центрі району, з напруженим рухом, вочевидь, що викиди оксидів сірки створюють несприятливі умови, що пригнічують ріст лишайників. Та найбільш загрозливою є ситуація в промислових районах м. Запоріжжя.

Проаналізувавши результати проведеного дослідження, можна відмітити, що загрозливий екологічний стан атмосферного повітря склався у промисловій зоні та вздовж основних автомагістралей районів м. Запоріжжя, особливо Північне шосе, вул. Новгородська та Космічна. Чистими зонами виявилися лише території парків та селітебної зони в деяких районах міста Запоріжжя.

#### 4 ОХОРОНА ПРАЦІ ТА БЕЗПЕКА В НАДЗВИЧАЙНИХ СИТУАЦІЯХ

Перед виконанням практичної частини наукової роботи на тему: «Дослідження екологічного стану повітря міста Запоріжжя методом ліхеноіндикації», зі мною був проведений інструктаж з охорони праці науковим керівником за інструкцією № 46 з Охорони праці та інструкцією № 62 з Пожежної безпеки.

Під час виконання магістерської роботи могли виникнути наступні небезпечні виробничі ситуації: автомобільні аварії, обстріли під час повітряної тривоги, електричне ураження. [54-56].

Під час проведення досліджень у районах міста Запоріжжя, я могла потрапити у дорожні пригоди тому я додержувалась техніки безпеки на дорозі [57], а саме:

1) рухалася тротуарами і пішохідними доріжками, тримаючись правого боку, а у разі його відсутності або неможливості рухатися по ньому – по краю проїзної частини назустріч руху транспортних засобів;

2.) у темну пору доби та в умовах недостатньої видимості я використовувала на зовнішньому одязі світлоповертальні елементи;

3) переходила проїзну частину по пішохідних переходах;

4) у місцях регулювання руху, керувалася сигналами світлофора;

5) перед виходом на проїзну частину із-за транспортних засобів, що стоять, переконувалась у відсутності транспортних засобів, що наближаються;

б) чекала транспортний засіб на тротуарах або посадкових майданчиках.

Під час війних дій в країні створюється додаткова загроза життю, тому під час усіх досліджень я додержувалась правил поведінки під час сигналів тривоги та небезпечного часу [58, 61]:

1) не виходила на вулицю в період дії комендантської години та під час повітряної тривоги;

- 2) ховалася в пристосованому для укриття місця під час авіаударів;
- 3) дотримувалася правила двох стін. (У разі «прильоту» перша стіна бере на себе удар, а друга стіна може захистити від осколків та сторонніх уражаючих предметів);
- 4) трималася подалі від вікон;
- 5) виявляючи підозрілі предмети, я їх не піднімала, повідомляла в службу 101 або 102.

Статистична обробка проводилась на комп'ютері, що створює небезпеку ураження електричним струмом, тому необхідно знати та чітко виконувати ряд правил техніки безпеки [62, 63].

Під час роботи за комп'ютером я дотримувалась таких правил:

- 1) не торкалася екрана, проводів живлення, з'єднувальних кабелів;
- 2) не порушувати порядок увімкнення й вимикання апаратних блоків;
- 3) не клала на апаратуру сторонні предмети;
- 4) не працювати на комп'ютері у вологому одязі та вологими руками;
- 5) не працювала на комп'ютері при недостатньому освітленні, високому рівні шуму;
- 6) документи для роботи знаходяться перед монітором;
- 7) оптимальна відстань між очима та екраном становила 50-65 см.

Таким чином, дотримання правил техніки безпеки допомогло мені уникнути травмування під час виконання моєї кваліфікаційної роботи.



## ВИСНОВКИ

1. Найпоширенішими видами лишайників в місті Запоріжжі є *Xanthoria parietina* та *Physcia stellaris*, які пристосувалися до значного антропогенного навантаження, вони поширені у всіх дослідних ділянках.

2. Встановлено загрозливий екологічний стан атмосферного повітря поблизу житлових приміщень у Комунарському районі м.Запоріжжя. Відносно чистими зонами, виявилися зони паркових територій, а саме парків Перемоги та Поколінь. Зонами середнього забруднення є зони житлових масивів міста Запоріжжя. Зонами значного забруднення є місця біля шляхів автотранспорту.

3. Загрозливий екологічний стан атмосферного повітря склався у промисловій зоні та вздовж основних автомагістралей районів м.Запоріжжя.

## ПРАКТИЧНІ РЕКОМЕНДАЦІЇ

1. У всіх районах міста, а особливо в Комунарському, необхідно збільшити площі наступних деревних насаджень: клен, верба, ясен та береза, для забезпечення благополучної екологічної обстановки.
2. Виділити території, схильні до впливу забрудненого повітря шляхом складання ліхенологічних карт, які дозволять спостерігати за станом повітря протягом декількох років.
3. Забезпечити організацію санітарно-захисних зон уздовж автомобільних доріг.
4. Знизити інтенсивність руху автотранспорту в межах міста за рахунок будівництва об'їзних доріг.
5. Встановити нові технології та обладнання, на основі яких функціонують підприємства та здійснювати моніторинг викиду забруднюючих речовин в атмосферне повітря.
6. Оновити газоочисного обладнання, яке експлуатується на підприємствах.

## ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ

1. Регіональна доповідь про стан навколишнього природного середовища Запорізької області у 2020 році. URL: <https://www.zoda.gov.ua/article/2552/regionalni-dopovidi-zaporizka-oblast.html>
2. Екологічний паспорт Запорізької області за 2020 рік. URL: <https://www.zoda.gov.ua/article/2557/ekologichniy-pasport-zaporizkoji-oblasti-za-2020-rik.html>
3. Edvard August Vainio. URL: [https://en.wikipedia.org/wiki/Edvard\\_August\\_Vainio](https://en.wikipedia.org/wiki/Edvard_August_Vainio)
4. Air Quality and Lichens. URL: <http://www.air-quality.org.uk/19.php>.
5. Біоіндикаційні дослідження за епіфітною ліхенофлорою шпилькових і листяних дерев на західній Україні / уклад. М. В. Пірогов, С. О. Волгін. Львів. 2002. 135 с.
6. Ліхеноіндикація як перспективний напрям досліджень екологічної ситуації в Україні. URL: [http://enpuir.npu.edu.ua/bitstream/handle/123456789/33964/Mykhailenko\\_Zhuravel.pdf?sequ](http://enpuir.npu.edu.ua/bitstream/handle/123456789/33964/Mykhailenko_Zhuravel.pdf?sequ)
7. Алексанян А. Г., Тверда О. Я. Оцінка стану атмосферного повітря методом ліхеноіндикації. *Вісник НТУУ «КПІ», Серія «Гірництво»*. 2014. № 24. С. 120-124.
8. Оцінка стану атмосферного повітря в Україні за допомогою ліхеноіндикації. URL: <http://dspace.nuft.edu.ua/bitstream/123456789/16503/1/390>.
9. Кондратюк С. Я. Порівняльне ліхеноіндикаційне картування міст України. *Український ботанічний журнал*. 1993. Т50. №4. С.74-83.
10. Ліхеноіндикація. Енциклопедія Сучасної України : енциклопедія / за ред.: І. М. Дзюба, А. І. Жуковський, М. Г. Железняк та ін. Київ : Інститут енциклопедичних досліджень НАН України. 2016. С 34-67.

11. Ашихміна Т. Я. Біоіндикація та біотестування – методи пізнання екологічного стану навколишнього середовища. 2005. С. 250-256.
12. Kondratyuk S.Y. Indykatsiya stanu navkolyshnoho seredovyscha Ukrainy za dopomohoyu lyshaynykiv. Kyiv : Naukova Dumka, 2008. 336 p.
13. Shershova N. V. Distribution of sensitive to air pollution lichens in small towns of Kiev Region. *Ukr. Bot. J.* 2016. 73(1). P. 56–60.
14. Shershova N. V. Ekolohichna bezpeka derzhavy. *Ukr. Bot. J.* 2017. 74(2). P. 148-153.
15. Hromakova A.B. Lishayniki: metodicheskie rekomendatsii po spetskursu Likhenologiya dlya studentov biologicheskogo fakulteta. Kharkov. 2005. 36 p.
16. Клименко В. М. Ліхеноіндикаційна оцінка якості повітря невеликих і середніх міст півдня України. Чорноморськ. 2016. С. 191-205.
17. Екологічний паспорт Запорізької області за 2018 рік. URL:[https://mepr.gov.ua/files/docs/eco\\_passport/2018/%D0%97%D0%B0%D0%BF%D0%BE%D1%80%D1%96%D0%B7%D1%8C%D0%BA%D0%B0%20%D0%BE%D0%B1%D0%BB%D0%B0%D1%81%D1%82%D1%8C.pdf](https://mepr.gov.ua/files/docs/eco_passport/2018/%D0%97%D0%B0%D0%BF%D0%BE%D1%80%D1%96%D0%B7%D1%8C%D0%BA%D0%B0%20%D0%BE%D0%B1%D0%BB%D0%B0%D1%81%D1%82%D1%8C.pdf)
18. Запорізька область: природа, історія: ілюстрована енциклопедія. Запоріжжя. 2004. 248 с.
19. Петроченко В. І. Природа Запорізького краю. Запоріжжя. 2009. С. 200.
20. Фізична географія Запорізької області. / відп. ред. Л. М. Даценко. Мелітополь : Вид-во МДПУ, 2014. 200 с.
21. Регіональна доповідь про стан навколишнього природного середовища Запорізької області у 2019 році. URL:[https://mepr.gov.ua/files/docs/eco\\_passport/2018/Запорізька%20область.pdf](https://mepr.gov.ua/files/docs/eco_passport/2018/Запорізька%20область.pdf)
22. Про місто. Офіційний сайт Запорізької міської ради. URL:<https://zp.gov.ua/uk/page/pasport-mista>
23. Екологічний паспорт Запорізької області за 2021 рік. URL:<https://mepr.gov.ua/news/39661.html>

24. Оцінка якості повітря в м. Запоріжжя: 14-15.09.2022. Все про повітря. URL: <https://cleanair.org.ua/7446/14-15-09-202/>
25. Повітря, яке можна побачити: чому Запоріжжя не очолює рейтинг найзабрудненіших міст України. Запорізький центр розслідувань. URL: <https://incentre.zp.ua/povitrya-yake-mozhna-pobachyty-chomu-zaporizhzhya-ne-ocholyuye-rejtyng-najzabrudnenishyh-mist-ukrayiny/>
26. Darnajoux R., Lutzoni F., Miadlikowska J., Bellenger J. P. Determination of elemental baseline using peltigeralean lichens from Northeastern Canada (Québec): Initial data collection for long term monitoring of the impact of global climate change on boreal and subarctic area in Canada. *Science of the Total Environment*. 2015. V. 533. P. 1-7.
27. Bao Y. Migration of trace elements from basalt substrate to co-located vegetation (lichens and mosses) at the Wudalianchi volcanos, Northeast China. *Journal of Asian Earth Sciences*. 2016. V. 118. P. 95-100.
28. Ponmurugan P. Survey, distribution pattern and elemental composition of lichens in Yercaud hills of Eastern Ghats in southern India. *Journal of Enviromental Biology*. 2016. V. 37. P. 407-412.
29. Boamponsem L. K. Source apportionment of air pollutants in the Greater Auckland Region of New Zealand using receptor models and elemental levels in the lichen, *Parmotrema reticulatum*. *Atmospheric Pollution Research*. 2017. V. 8. P. 101-113.
30. Антарктида задихається: у повітрі та воді виявлено небезпечні волокнисті сполуки. URL: <https://focus.ua/uk/technologies/538897-antarktida-zadihaetsya-v-vozduzhe-i-vode-obnaruzheni-opasnye-voloknistye-soedinenia>
31. Bubach D. Elemental composition of *Usnea* sp lichen from Potter Peninsula, 25 de Mayo (King George) Island, Antarctica. *Environmental Pollution*. 2016.V. 210. P. 238-245.

32. Samsudin M. W. Measuring air quality using lichen mapping at Universiti Kebangsaan Malaysia (UKM) Campus. *Social and Behavioral Sciences*. 2012. V. 59. P. 635-643.
33. Paoli L. Lichens as suitable indicators of the biological effects of atmospheric pollutants around a municipal solid waste incinerator (S Italy). *Ecological Indicators*. 2015. V. 52. P. 362-370.
34. Will-Wolf S. Lichen elemental content bioindicators for air quality in upper Midwest, USA: A model for large-scale monitoring. *Ecological Indicators*. 2017. V. 78. P. 253-263.
35. Environmental Protection UK. Air quality committee. URL: <http://www.environmental protection.org.uk/>
36. Біомоніторинг довкілля /за ред. В. М. Боголюбова, М. О. Клименко, та ін.; 2-ге вид., перероб. і доп. Вінниця, 2010. 232 с.
37. Біоіндикація : навч. посіб. / уклад. В. О. Слободян. Івано-Франківськ, 2004. С. 194.
38. Mamchur A., Zvenyslava H. Біоіндикація забруднення повітря у місті Львові та на його околицях. Львів. 2005. С. 59-67.
39. Сорока М. Рослинність Українського Розточчя. Львів. 2008. С. 434.
40. Економічне оцінювання можливості впровадження біоіндикаційного моніторингу атмосферного повітря. URL:[http://www.kdu.edu.ua/Documents/KSNR\\_economica\\_2018/w9.pdf](http://www.kdu.edu.ua/Documents/KSNR_economica_2018/w9.pdf)
41. Кондратюк С. Я., Кучерявий В. О., Крамарець В. О. Порівняльне ліхеноіндикаційне картування міст України. *Укр. ботан. журн.* 1993. 50 № 4. С. 74-83.
42. Курилович О. В. Ліхеноіндикація стану атмосферного повітря центральної частин міста Івано-Франківськ. URL:<https://kbe.pnu.edu.ua/%D0%B4%D0%B8%D0%BF%D0%BB%D0%BE%D0%BC%D0%BD%D1%96->

%D1%80%D0%BE%D0%B1%D0%BE%D1%82%D0%B8-091-

%D0%B1%D0%B0%D0%BA%D0%B0%D0%BB%D0%B0%D0%B2%D1%80/

43. Зеленко С. Д. Ліхеноіндикаційна оцінка забрудненості повітря м. Чернігова. *Укр. ботан. журн.* 1999. 56, № 1. С. 64-67.

44. Комплексна оцінка екологічного стану міста Херсон методом біоіндикації. URL: <https://core.ac.uk/display/344932433?source=2>

45. Некрасенко Л. А., Байрак О. М. Аналіз ліхеноіндикаційного картування м. Кременчука. *Укр. ботан. журн.* 2002. 60, № 3. С. 278-285.

46. Стаднік В. Ю., Тихомирова Т.Ю. Оцінка стану атмосферного повітря на дитячих майданчиках міста Харків методом ліхеноіндикації. Харків, 2020. 34 с.

47. Димитрова Л. В. Ліхеноіндикаційна оцінка екологічної ситуації у м. Полтава. Київ. 2006. С. 119-127.

48. Димитрова Л. В. Ліхеноіндикація забруднення атмосферного повітря у м. Києві. *Укр. ботан. журн.* 2008. 65, № 4. С. 572-585.

49. Вікторов С. В. Індикаційна геоботаніка. Житомир. 1988. 167 с.

50. Застосування інформаційних технологій для вирішення задач екологічного моніторингу забруднення атмосфери мегаполісів *Вісник Національного технічного університету «ХПІ»*. 2010. № 21. С. 58-65.

51. Trass H. Lichen sensitivity to the air pollution and index of poleotolerance (I. P.). *Folia Cryptogamica. Estonica.* 1973. № 3 23 с.

52. Матеріали. Міжнародної науково-практичної конференції «Екогеофрум-2017. Актуальні проблеми та інновації». Івано-Франківськ. 2017. 442 с.

53. Комп'ютерний додаток "Adobe Photoshop". URL:<https://www.adobe.com/ua/products/photoshop.html>

54. Атаманчук П. С., Мендерецький В. В., Панчук О. П. Практикум з безпеки життєдіяльності та охорони праці: Навчально-метод. посібник. Кам'янець-Подільський. 2007. С. 145-150.

55. Гандзюк М. П., Желібо Є. П., Халімовський М. О. Основи Охорони праці: Підруч. для студ. вищих навч. закл. Львів. 2003. 408 с.

56. Охорона праці та промислова безпека : навчальний посібник / укл. К. Н. Ткачука і М. О. Халімовського. Київ. 2006. 448 с.

57. Безпека на дорозі –це безпека життя URL: <https://nvmk.org.ua/3193-безпека-на-дорозі-це-безпека-життя.html>

58. Базові правила безпеки під час війни. URL: <https://rozvytok-osvity.te.ua/bazovi-pravy-la-bezpeky-pid-chas-viynu/>

59. Перегляд гістограм і значень пікселів. Adobe Help Center. URL: <https://helpx.adobe.com/ua/photoshop/using/viewing-histograms-pixel-values.html>

60. Rimrus. Як порахувати площу пікселів у Фотошопі та кількість необхідної фарби на ескізі. Пикабу. URL: [https://pikabu.ru/story/kak\\_poschitat\\_ploshchad\\_pikseley\\_v\\_fotoshopy\\_i\\_kolichestvo\\_neobkhodimoy\\_kraski\\_na\\_ueskize\\_4371384#:~:text=Делим%20количество%20пикселей%20на%20100,будет%20метр%20\(сто%20сантиметров\).](https://pikabu.ru/story/kak_poschitat_ploshchad_pikseley_v_fotoshopy_i_kolichestvo_neobkhodimoy_kraski_na_ueskize_4371384#:~:text=Делим%20количество%20пикселей%20на%20100,будет%20метр%20(сто%20сантиметров).)

61. UNICEF. URL: <https://www.unicef.org/ukraine/media/18761/file/teenagers-safety-war-rules.pdf>

62. Техніка безпеки при роботі з ПК. URL: <https://studfile.net/preview/8442796/>

63. Правила техніки безпеки під час роботи з комп'ютером. Що таке ПК. URL: [http://informat18.blogspot.com/2017/05/blog-post\\_97.html](http://informat18.blogspot.com/2017/05/blog-post_97.html)