ЗАПОРІЗЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ БІОЛОГІЧНИЙ ФАКУЛЬТЕТ

Кафедра загальної та прикладної екології і зоології

Кваліфікаційна робота

бакалавра

на тему: ВИКОРИСТАННЯ ЛИШАЙНИКІВ ЯК ІНДИКАТОРІВ ЕКОЛОГІЧНОГО СТАНУ ПАРКІВ М. ЗАПОРІЖЖЯ

USING LICHENS AS INDICATORS OF THE ECOLOGICAL STATE OF ZAPORIZHZHIA PARKS

Виконала: студентка 4 курсу, групи 6.1011

Спеціальності 101 Екологія

освітньо-професійної програми

Екологія, охорона навколишнього середовища та збалансоване природокористування

Потоцька С.О.

Керівник доцент, доцент, к.б.н. Горбань В.В.

Рецензент зав. каф., професор, д.б.н. Рильський О.Ф.

Запоріжжя – 2025

ЗАПОРІЗЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ

Біологічний факультет
Кафедра загальної та прикладної екології і зоології Рівень вищої освіти
бакалавр
Спеціальність 101 Екологія
Освітньо-професійна програма Екологія, охорона навколишнього середовища та збалансоване природокористування

ЗАТВЕРДЖУЮ

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

О.Ф. Рильський

«31» січня 2025 року

З А В Д А Н Н Я
НА КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ СТУДЕНТЦІ
Потоцької Софії Олегівни

1. Тема роботи Використання лишайників як індикаторів екологічного стану парків м. Запоріжжяповітря

керівник роботи доцент, к.б.н. Горбань В.В.

затверджені наказом ЗНУ від «29» грудня 2025 р. № 160–с

2. Строк подання студентом роботи «0» червня 2025 року

3. Вихідні дані до роботи методичні матеріали, дані експериментальних досліджень; особисті спостереження.

4. Зміст розрахунково–пояснювальної записки (перелік питань, які потрібно розробити) провести аналіз видового складу лишайників у парках м. Запоріжжя, встановити ступінь забруднення атмосферного повітря міста, використовуючи індекс чистоти повітря; виокремити ліхеноіндикаційні зони за рівнем забруднення повітря.

5. Перелік графічного матеріалу (з точним зазначенням обов’язкових креслень): 6 рисунків, 9 таблиць.

6.Консультанти розділів роботи

Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата	
		Завдання видав	Завдання прийняв
4	Горбань В.В. доцент, к.б.н.		

7.Дата видачі завдання 31.01.2025

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ з/п	Назва етапів виконання кваліфікаційної роботи	Строк виконання етапів роботи	Примітки
1.	Огляд літературних джерел. Написання відповідного розділу роботи	Вересень-листопад 2024 р.	Виконано
2.	Вивчення, засвоєння методик дослідження. Написання відповідного розділу роботи	Вересень-грудень 2024 р.	Виконано
3.	Засвоєння правил техніки безпеки під час виконання експериментальної частини. Написання відповідного розділу роботи	Жовтень-грудень 2024 р.	Виконано
4.	Проведення експериментальних досліджень. Оформлення результатів експерименту	Грудень-березень 2024-2025 рр.	Виконано
5.	Оформлення кваліфікаційної роботи	Квітень-травень 2025 р.	Виконано
6	Передзахист роботи	19 травня 2025 р.	Виконано
7.	Рецензування кваліфікаційної роботи	Травень-перша декада червня 2025 р.	Виконано
8.	Подання роботи на кафедру	Травень 2025 р.	Виконано
9.	Захист кваліфікаційної роботи	Червень 2025 р.	Виконано

Студентка Потоцька С.О.

Керівник роботи Горбань В.В.

Нормоконтроль пройдено

Нормоконтролер Н.М. Притула

РЕФЕРАТ

В роботі 54 сторінок, 9 таблиць, 6 рисунків, було використано 66 літературних джерел, із них 38 іноземною мовою.

Об’єкт дослідження: паркові зони міста Запоріжжя.

Предмет дослідження: лишайникові асоціації в парках м. Запоріжжя як біоіндикатори якості повітря.

Методи досліджень: аналіз літературних джерел, опис, аналіз, спостереження, опис, класифікація.

Метою кваліфікаційної роботи є дослідження якості атмосферного повітря в парках Запоріжжя із застосуванням методу ліхеноіндикації.

Теоретично та експериментально визначено: видовий склад лишайників, стан атмосферного повітря в п’яти парках м. Запоріжжя.

БІОІНДИКАЦІЯ, ЛІХЕНОІНДИКАЦІЯ, ЛИШАЙНИКИ, ЕКОЛОГІЯ, МОНІТОРИНГ ПОВІТРЯ, ІНДЕКС ЧИСТОТИ ПОВІТРЯ.

ABSTRACT

The work consists of 54 pages, 9 tables, 6 figures, 66 literary sources were used, including 38 in a foreign language.

Object of study: park areas of Zaporizhzhia city.

Subject of the study: lichen associations in the parks of Zaporizhzhia as bioindicators of air quality.

Research methods: literature analysis, description, analysis, observation, description, classification.

The purpose of the qualification work is to study the quality of atmospheric air in the parks of Zaporizhzhia using the lichen indication method.

Theoretically and experimentally determined: species composition of lichens, state of atmospheric air in five parks of Zaporizhzhia.

BIOINDICATION, LICHEN INDICATION, LICHENS, ECOLOGY, AIR MONITORING, AIR PURITY INDEX.

ЗМІСТ

ВСТУП 7
1 ОГЛЯД НАУКОВОЇ ЛІТЕРАТУРИ 10
1.1 Поняття біоіндикації та її переваги 10
1.2 Лишайники як біоіндикатори 13
1.3 Класифікація лишайників 17
1.4 Методи ліхеноіндикації 19
1.5 Фізико-географічна характеристика Запорізької області 23
2 МАТЕРІАЛИ ТА МЕТОДИ ДОСЛІДЖЕНЬ 28
2.1 Матеріали дослідження 28
2.2 Методика дослідження 29
3 ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНА ЧАСТИНА 32
3.1 Видовий склад лишайників та їх поширеність в парках м. Запоріжжя 32
3.2 Оцінка забруднення атмосферного повітря 34
4 ОХОРОНА ПРАЦІ ТА БЕЗПЕКА В НАДЗВИЧАЙНИХ СИТУАЦІЯХ 38
ВИСНОВКИ 41
ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ 42
ДОДАТКИ 50

ВСТУП

Відповідно до даних Департаменту захисту довкілля, Запоріжжя – є одним з найбільш техногенно навантажених регіонів в нашій країні. Це зумовлено, в першу чергу, високою концентрацією підприємств чорної та кольорової металургії, хімічної промисловості тощо. Також значний вплив має розташування цих об’єктів, в нашому випадку – це житлові райони. Всі ці фактори формують антропогенне навантаження на довкілля населених пунктів в області. Не дивлячись на те, що 70% території регіону знаходиться під окупацією, в забрудненні атмосферного повітря «лідируючи місця» займають підприємства різних секторів виробничого комплексу міста, автомобільний транспорт, що супроводжується викидами в атмосферу SO_2, CO_2 тощо[1,2].

Серед об'єктів моніторингу довкілля найактуальнішими питаннями є забруднення атмосферного повітря та води. Людина щодня вдихає значний об’єм повітря та споживає воду, тому ці шкідливі речовини можуть безпосередньо впливати на її здоров’я [3].

Забруднене повітря – є одним з екологічних та професійних факторів, наслідком якого є погіршення стану людей з хронічними захворюваннями або смерть. За 2019 рік в Україні кількість смертей, які пов’язані з забрудненим повітрям склала 46 129 випадків, що становило 6% від загальної кількості смертей [4]. Отже, проблема моніторингу якості повітря – є однією з важливих і потребує уваги.

Оскільки парки являють собою рекреаційні зони, тобто територією які забезпечують відпочинок населення, та які спрямовані на підтримку психічного та фізичного здоров’я людей [5], дослідження стану атмосферного повітря в них має важливе значення поряд з індустріальним розвитком міста. Особливо «гострого» значення це питання набуває в межах такої промислової зони, як

Запоріжжя. Адже за допомогою парків можливо пом’якшити негативні наслідки урбанізації.

Дослідження якості атмосфери можливе за використанням методу біоіндикації навколишнього природного середовища. Через свої особливості, а саме чутливість до полютантів в повітрі, лишайники – є одним з найкращих біоіндикаторів, тому використання ліхеноіндикації для вирішення даної проблеми є доцільним. Також, слід зазначити світові тенденції щодо дослідження різноманіття лишайників у різноманітних екосистемах, починаючи від незайманих природних територій і закінчуючи тими, що зазнали значного впливу людської діяльності [6].

Метою кваліфікаційної робити є дослідження якості атмосферного повітря в парках Запоріжжя із застосуванням методу ліхеноіндикації.

Для реалізації мети були поставлені наступні *завдання*:

1) провести аналіз видового складу лишайників у парках м. Запоріжжя;

2) встановити ступінь забруднення атмосферного повітря міста, використовуючи індекс чистоти повітря;

3) виокремити ліхеноіндикаційні зони за рівнем забруднення повітря

Об’єктом дослідження є: паркові зони міста Запоріжжя

Предметом дослідження є лишайникові асоціації в парках м. Запоріжжя як біоіндикатори якості повітря.

Методи дослідження: аналіз літературних джерел, спостереження, опис, класифікація.

Апробація основних положень кваліфікаційної роботи здійснювалася на 2 конференціях: Потоцька С.О., Горбань В.В. Ліхеноіндикація якості атмосферного повітря у рекреаційних зонах м. Запоріжжя. «*Актуальні проблеми та перспективи розвитку природничих, медичних та фармацевтичних наук*»: зб. тез. доп. І всеукр. наук.-практ. конф. (Запоріжжя, 26 квіт. 2025 р.). Запоріжжя, 2025. С. 106 – 108.

Pototska S. O., Horban V. V. Lichen indication of atmospheric air quality in recreational areas of Zaporizhzhia. «*Актуальні проблеми розвитку сучасної науки: виклики та перспективи*»: матеріали міжнар. наук.-практ. конф. (Запоріжжя, 29 квіт. 2025 р.). Запоріжжя , 2025. С. 327 – 330.

1 ОГЛЯД НАУКОВОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1.1 Поняття біоіндикації та її переваги

У роботі В. І. Парпан та М. М. Миленька запропоноване таке визначення терміну «біоіндикація» – це система оцінки стану навколишнього середовища за фізіологічними, морфологічними, екологічними змінами рослин-біоіндикаторів, які чутливо реагують на зміни факторів навколишнього середовища [7].

В результаті проведення біоіндикації певної ділянки навколишнього природного середовища стоїть ціль оцінити стан довкілля шляхом визначення реакцій організмів – індикаторів до певних умов довкілля [8]. Вони вказують на присутність екологічного стресора (забруднюючі речовини), проявляючи фізичну, хімічну або поведінкову реакцію [9]. Біоіндикатори надають якісні або кількісні дані про вплив різних полютантів, присутніх в екосистемі, а також інформацію про те, як довго вони були присутні на досліджуваній ділянці. Тварини (риби, птахи), рослини і гриби (мохи, лишайники) та мікроорганізми (діатомові водорості) є прикладами широко використовуваних біоіндикаторів у дослідженнях з оцінки стану довкілля [10]. Комплексне узагальнення реакцій біоіндикаторів на забруднення повітря на рисунку 1.1 [11].

Біоіндикатори	Забруднювачі повітря	Час впливу	Місцезнаходження біоіндикатора
Павутиння павука	Мікроелементи (наприклад, Mg, Al, K, Ca, Ti, V, Cr, Mn, Fe, Co, Ni, Cu, Zn, W, Pt, Pb тощо), органічні сполуки (ПАР), тверді частки, мікропластик	Від 1 до 3 місяців	Міські, промислові, сільські райони, житлові та інші приміщення
Лишайники	Мікроелементи (напр., Cd, Cr, Cu, Fe, Mn, Ni, Pb, V, Zn, Ti, Hg, K, S, B, Al, Ba, Ca, Co, Mg, Na, Ni, P, Sr, Bi, Cs, Rb, Tl тощо), сполуки сірки, сполуки азоту та фосфору, озон, фториди, хлориди, радіонукліди, ПАР, тверді частинки	Від 2 до 12 місяців	Сільські та промислові райони, природні екосистеми (ліси, гори), житлові та інші приміщення
Мохи	Мікроелементи (напр., Pb, Zn, Cu, Cd, Fe, Ni, Cr, Cu, V, Zn, Al, Mn, Sb, As, Hg тощо), радіонукліди, ПАР, ПБДЕ, ПХБ, NO_3-, S, тверді частинки, мікропластик	Від 1 до 12 місяців	Сільська, промислова місцевість, ліси
Багаторічні трав'яні рослини (*Tradescantia pallida*)	Мікроелементи (напр., Fe, Pb, Cd, Ni, Cu, Zn)	Від 4 до 12 місяців	Міські та промислові райони

Рисунок 1.1 – Характеристику різних біоіндикаторів

За останні роки павутиння павука набирає все більшою популярності в якості індикатора. Павутина складається з шовку, білка, який виробляється спеціальними залозами павука. Хоча даний індикатор не є специфічним, було визначено, що найбільш ефективне його використання буде для індикації органічних сполук, таких як ПАР, через їхню хімічну схожість до фіброїну, який є одним з основних компонентів павутини. Органічні речовини проникають у павутину глибше, ніж інші види забрудників. Переваги використання полягають в дешевій ціні індикатора, його органічності, відсутності утворення відходів, в легкості розводження павуків в лабораторних умовах, та подальшій можливості трансплантації отриманого чи зібраного матеріалу в досліджувану ділянку. Недоліком павутини є її крихка структура, тому не всі родини павуків підходять для моніторингу. Вдалим вибором буде родина *Agelenidae* (*Eratigena atrica* , *Agelena labyrinthica*) [12].

Мохи разом з лишайниками є одним з найстаріших видів-індиктаторів, які використовуються. Для визначення стану атмосферного повітря можна досліджувати місцеві угруповання або використовувати так званий метод «мішечок – мох», тобто розміщення моху в мішечок, подальша трансплантація його на досліджувану ділянку. Моховий мішечок слугує певним фільтром,

всередині якого накопичуються забруднюючи речовини з повітря. Всього існує три категорії форм мішечків: циліндрична, сферична та квадратна або прямокутна. Кожна з них має свої переваги. При використання даного методу біоіндикації важливо правильно підготувати зразки мохів, щоб знизити ризики всихання матеріалу під час досліду. Також, важливо зазначити, що оцінка вмісту деяких елементів, наприклад ртуті, буде точною [13].

За допомогою використання багаторічних трав'янистих рослин, таких як *T. pallida,* можна визначити наявність таких елементів, як залізо, свинець, кадмій, цинк тощо. В листках рослини, що знаходяться поблизу автомобільних магістралей, концентрація цих речовин буде більшою. Важливо зазначити, що використання даного індикатора є ефективним лише при довготривалому моніторингу, також для отримання кращих результатів потрібно вирощувати зразки в однорідному, екологічно чистому ґрунті з контрольованим водопостачанням та ін [14].

Індикаторні організми можна умовно поділити на дві групи: ті, що акумулюють забруднювачі без будь-яких видимих змін у метаболічних процесах (риби), та індикатори реакції, тобто ті, що демонструють ознаки екологічного стресу при поглинанні навіть незначних кількостей шкідливих речовин (діатомові водорості) [15].

Згідно з дослідженнями Емілі Холт та Скота Міллер, незалежно від екологічних умов, географічного положення, виду організму або типу антропогенного впливу, ефективний біоіндикатор характеризується: а) високою чисельністю і широким розповсюдженням; б) економічною доцільністю застосування; в) високою чутливістю до змін у НПС; г) достатнім рівнем наукового вивчення [16].

Використання біоіндикаторів має численні переваги в екологічному моніторингу [17]:

1) Фіксація змін впродовж часу: Біоіндикаторні організми, маючи визначену тривалість життя або період існування у певному середовищі, дозволяють інтегрувати відомості про його минулий, теперішній та потенційний

майбутній стан, фіксуючи зміни з плином часу, які можуть бути пропущені при фізико-хімічних вимірюваннях.

2) Толерантність до низьких концентрацій полютантів: Багато організмів - індикаторів можуть виявляти забруднювачі в низьких концентраціях, які важко виміряти традиційними методами.

3) Економічна ефективність: Використання біоіндикаторних видів в дослідженнях стану НПС може бути економічно вигіднішою та технологічно простішим підходом, ніж проведення детальних хімічних аналізів, особливо для великомасштабних оцінок.

4) Повноцінність оцінки. В порівняні з іншими методами моніторингу, застосування біоіндикаторів дає можливість провести комплексну оцінку стану екосистеми, включаючи якість води, ґрунту, повітря та біорізноманіття. Це збільшує точність оцінки впливу антропогенного навантаження, що дозволяє запровадити більш ефективні, раціональні рішення, щодо покращення ситуації [18].

5) Сприяння поширенню екологічної свідомості. Біонідикатори допомагають краще зрозуміти цінність природи. Причиною цього є те, що їх використання наочно демонструє, які саме негативні зміни відбуваються в навколишньому природному середовищі. Таке подання інформації може спонукати людей до більш відповідального поводження в паркових, заповідних зонах тощо [19].

1.2 Лишайники як біоіндикатори

Вивчення лишайників як біоіндикаторів є предметом численних наукових досліджень. Роботи М. Байрак, С. Зеленько, С. Кондратюк, В. Мартиненко, Л. А. Некрасенко, А. М. Окснер є прикладом цього ґрунтовного масиву досліджень [20].

Лишайник – це тип живого організму, який виник у результаті симбіотичної взаємодії між грибом (мікобіонт) і водоростями, або ціанобактерією (фотобіонт). Вегетативне тіло (таллом) якого складається з переплетених грибних гіфів та хаотично розкиданими (гомеомірний таллом, рис. 1а) або розташованими окремим диференційованим шаром одноклітинних водоростей (гетеромірний талом, рис. 1б). Будову можна побачити на рисунку 1.2 [20].

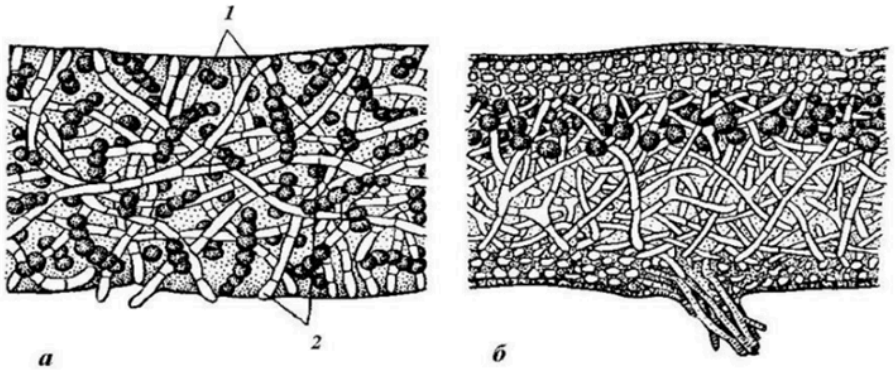


Рисунок 1.2 – Клітини водорості, охоплені гіфами гриба (1 – клітини водорості, 2 – гіфи гриба)

Взаємозв'язок між грибом та водоростями складний. Гриб забезпечує структуру і захист для фотобіонтів, які, в свою чергу, забезпечують їжу для мікобіонта шляхом фотосинтезу [21]. Вода та інші необхідні рідини транспортуються від гриба до водоростей [22]. Лишайники є одним з найуспішніших прикладів симбіозу в природі; приблизно 17% всіх грибів є видами, які утворюють лишайники, вони займають 8% поверхні Землі і здатні жити в найекстремальніших середовищах існування, таких як гарячі та холодні пустелі [23].

Через особливості будови вегетативного тіла лишайників (відсутність зовнішньої воскової китикули) та відсутності кореневої системи, вбирання забруднюючих речовин проходить дуже швидко всією поверхнею талому, а далі відбувається процес їх накопичення без можливості подальшого виділення [24]. Полютанти потрапляють в лишайники через атмосферні опади, пил, туман та

роси. Відсутність судинної системи та опадних частин робить неможливим подальше виділення накопичених забруднюючих речовин, що робить лишайників – ефективними «інструментами» для визначення довготривалого впливу. Багато експериментів встановили здатність лишайників накопичувати важкі метали. Більше того, кожен вид лишайників має вибірковість по відношенню до окремих елементів [25].

Так, згідно з дослідженням корейських вчених з Національного університету Сунчон, було виявлено, що миш'як (As) сприяє пошкодженню (деградації) хлорофілу та зменшенню вмісту білка, тоді як мідь (Cu) посилює окислення ліпідів та пошкоджує клітинні мембрани в лишайниках. Вивчення біоіндикаторів проводилось з двох географічно віддалених регіонів Південної Кореї: провінції Канвон та острова Чеджу. В результаті були зроблені висновки, що забруднення важкими металами порушує метаболічні процеси в лишайниках [26].

Перелік полютантів, які можна виявити за допомогою лишайників не обмежується лише важкими металами. Підтвердженням цього є світовий досвід використання лишайників як біоіндикаторів. Наприклад, під час дослідження італійських вчених [27], яке стосувалось біомонітрингу стійких органічних речовин, було доведено що лишайники, зокрема пересаджені зразки *Evernia prunastri* (L.) Ach, є ефективними біоіндикаторами діоксинів (ПХДД, ПХДФ та ПХД). Дослідниками були створені карти розподілу речовин, на яких зазначено, що головним джерелом надходження ПХБ в атмосферу є електростанції, а ПХДД, ПХДФ – металургійний завод.

Також, спираючись на працю іншої групи італійських науковців [28], можна наглядно побачити переваги використання саме лишайникових асоціацій, при досліджені питання забруднення довкілля поліциклічними ароматичними вуглеводнями (ПАР). Лишайник *Pseudevernia furfuracea*, завдяки своїй багатошаровій будові, здатний ефективніше накопичувати в собі полютанти. Це робить їх більш чутливими до забруднення, порівняно з мохом

Hypnum cupressiforme. Також вчені змогли встановити який тип мають джерела викидів – пірогенний.

Отже, враховуючи вищезазначені приклади застосування ліхенофлори як індикаторів різних забруднюючих речовин, можемо зробити висновки, що лишайники – це ефективний, недорогий «інструмент», за допомогою якого можна успішно ідентифікувати джерела забруднення, їхній тип, визначити концентрації та просторовий розподіл полютантів, використання яких може вдало доповнити традиційні системи біомоніторингу довкілля.

Окрім особливсотей будови, що робить лишайники надійним біоіндикатором, слід звернути увагу на повільний темп їх росту, що забезпечує присутність організмів у навколишньому середовищі протягом тривалого часу. Це, в свою чергу, дозволяє дослідити зміни в довкіллі та відповідний вплив полютантів більш повноцінно та динамічно, відстежуючи їх накопичення та трансформацію впродовж тривалих періодів спостереження, що надасть можливість провести оцінку кумулятивного ефекту забруднення на ліхенобіоту та екосистему в цілому [29].

Внаслідок їх повсюдного поширення, лишайники є об'єктами глобального екологічного моніторингу, а також еталонним біоіндикатором для оцінки стану атмосфери [30]. Широкий ареал розповсюдження зумовлює їх адаптивність до різних екологічних умов, що дозволяє використання ліхенів як біологічні тестори для моніторингу забруднення повітря в різноманітних природних та антропогенно-трансформованих ландшафтах, включаючи лісові, гірські [31] та міські екосистеми [32].

Проведення моніторингу в межах урбанізованих екосистем має пріоритетне значення оскільки полютанти, які виникають внаслідок діяльності стаціонарних та мобільних джерел забруднення, чинять значний вплив на розвиток та стан лишайників. Ліхеноїдні організми також виявляють здатність до акумуляції забруднюючих речовин у замкнутих просторах, таких як житлові приміщення [33]. Як приклад, дослідження «Ліхеноїдні організми як біоіндикатори для виявлення тютюнового диму в навколишньому середовищі

(ETS) у громадській офісній будівлі в Селангорі, Малайзія», авторами якого є А. Абасом, Ф. Н. Раслі та М. Л. Джухарі, висвітлює потенціал лишайників як біоіндикаторів для оцінки якості повітря в закритих приміщеннях. В результаті було виявлено обернений зв'язок між концентрацією нікотину та рівнем життєздатності лишайника. Тобто, зі збільшенням концентрації нікотину життєздатність лишайників знижується [34].

1.3 Класифікація лишайників

Існує декілька підходів до класифікації лишайників. У багатьох видів ліхенобіоти визначним фактором поширеності є субстрат. Відповідно до проведених досліджень [35], саме його будова та щільність, в поєднані з мікрокліматичними умовами різних екотопів є основними факторами, що визначають характер життєвих форм лишайників. Відповідно до виду субстрату виокремлюють такі групи лишайників, як:

1) епіфітні лишайники - ростуть на на корі дерев; є пойкілогідричними, тобто при нестачі води вони «висихають», а потім знову зволожуватися, коли вода стає доступною, що робить їх одними з найбільш чутливих організмів до змін клімату; поширені в тропічних, помірних і бореальних лісах відповідно [36];

2) епілітні лишайники – селяться на скелях, камінні; в урбанізовних екосистемах можуть «заселяти» дахи будинків, стіни тощо; на прикладі двох представників роду *Umbilicaria – U. torrefacta (*Lightf.*) Schrader* та *U. deusta* (L.) можна зробити висновки, що даний вид лишайників можуть існувати в екстремальних умовах, таких як узбережжя арктичного регіону [37];

3) епігейні лишайники або наґрунтові – місцем існування виступають ґрунти.

Форми росту лишайників класифікують на основі морфології, але слід зауважити, що розподіл та особливості будови напряму пов’язані з адаптацією до абіотичних умови навколишнього середовища. В основному це стосується водного режиму (частота та інтенсивність періодів нестачі води). Також форми росту відображають конкуренцію. Відповідно до морфології слані лишайників виділяють такі три основні форми росту, як: накипні, листоподібні та кущисті (рунисті) [38].

Накипні лишайники щільно прикріплені до субстрату нижньою частиною свого талому. Втрата вологи відбувається, в основному, за рахунок верхньої,

«відкритої», частини лишайника. Більшість представників накипних лишайників росте на поверхні субстрату і мають назву «епігенні», меншість – всередині, відповідно «ендогенні» [38].

Листоподібні лишайники характеризуються плоским, розпростертим таломом, який розширюється назовні горизонтально, зазвичай прикріплюється до субстрату за допомогою ниткоподібних виростів – ризин. Для даного класу лишайників характерно різноманітність форм талому, а також різнобарвний діапазон розмірів. Наприклад, «листя» можуть бути розташовані радіально, що характерно для роду *Parmelia*, або як «черепиця на даху», що можна побачити у представників роду *Peltigera* [38].

Кущисті лишайники мають форму прямостоячого або звисаючого куща, прикріплений до субстрата базальним диском або за допомогою спеціальної прикріпляючої структури – гаптоном, який утворюються гіфами гриба. Деякі представники мають талом із чітко вираженими верхньою та нижньою частинами, але більшість мають просту радіальну симетрію. Лишайники, які мають сильно розгалужену кущоподібну систему, характеризуются значним співвідношенням між площею поверхні та загальним об'ємом, що є причиною пришвидшеного висихання та зволоження. Ця особливість і є однією з причин високої чутливості кущистих лишайників до змін, які виникають в довкіллі [38].

В еволюційному плані форми росту лишайників будуть чергуватись (спочатку ті, що з’явились раніше) відповідно в такому порядку: накипні, листоподібні, кущисті. Накипні відносять до мікролишайників, дивлячись на розмір їх талому, листопідібні та кущисті – макролишайників [38].

Також лишайники класифікують на основі даних багаторічного польового моніторингу щодо їх чутливості до стану повітря. Тут важливу роль відіграє саме місце, де проводять спостереження, тому для кожної країни така класифікація буде відрізнятись. Після проведених ліхеноіндикаційних досліджень на території України було виявлено такі п'ять груп епіфітних лишайників, як: 1) токсикотолерантні, 2) стійкі до забруднення, 3) середньочутливі, 4) високо чутливі, 5) найчутливіші. Цю класифікацію

найкраще використовувати при досліджені ділянок «дикої, недоторканої» природи (ліси, гори та ін.). Враховуючи, що на сьогоднішній час відсоток урбанізованих територій росте, то з'являється потреба в класифікації ліхенофлори відповідно до її стійкості до оміськування. Вирішенням цього питання – створення екологічної шкали лишайників відповідно до їх стійкості до фактора урбанізації – взялись київські вчені з Інституту ботаніки. Внаслідок їх дослідження Дмитрова Л. В. виокремила такі 5 груп [39]:

1) урбанофільна – види, які є індикаторами урбанізованого середовища, тобто місцем їх існування є тільки міські екосистеми;

2) помірно урбанофільна – види, найвища концентрація яких буде в щільно забудованої міської території;

3) урбаністично-нейтральна – види, концентрація яких буде приблизно однаковою як в міській зоні, так і за її межами;

4) помірно – урбанофобна – види, наявність яких можлива лише в районах з низьким рівнем антропогенного навантаження;

5) урбанофобна – види, характерні тільки для природних екосистем.

1.4 Методи ліхеноіндикації

В ліхеноіндикації використовують два основні підходи: пасивний та активний моніторинг. Перший передбачає збір матеріалу у межах досліджуваної території, та подальшу ідентифікацію видів, вивчення відсоток їх проективного покриття, розрахунок індексу чистоти повітря тощо. В методах останньої групи увага приділяється переносу лишайників з умовно чистої ділянки на забруднену, для дослідження змін, які відбуваються під впливом різних концентрацій забруднюючих речовин у лабораторіях.

Якщо головна мета дослідження це визначити концентрації забруднюючих речовин, то перевагу треба надати активному моніторингу,

оскільки при дослідження місцевої флори можуть давати результати, що занижують рівень осадження важких металів через можливу адаптацію видів до забруднення, і тому. Тобто методи активного моніторингу є більш точними, в порівняні з методами пасивного [40].

До методів пасивного моніторингу відносять:

1. Збір та аналіз популяцій лишайників безпосередньо на місцях їх природнього зростання для оцінки накопичення полютантів з часом – метод історичного аналізу. Даний метод можна використовувати в тому випадку, коли є дані за минулі роки для проведення подальшого порівняльного аналізу.

2. Метод градієнтного аналізу – оцінка впливу джерел забруднення по градієнту до фонового району. Ефективність методу можна побачити на прикладі праці групи італійських вчених, присвяченій виявленню мікропластику за допомогою лишайників [41]. Метод градієнтного аналізу був застосований у цьому дослідженні шляхом вибору трьох ділянок з різним рівнем урбанізації (природна, заповідна та міська). Дослідження проводилось за допомогою лишайників родів *Cladonia* та *Xanthoria,* було обрано 90 зразків. За результатами встановлено, що концентрація частинок мікропластику збільшується від природних територій (n = 58) до міської (n = 116), з прямим зв'язком між довжиною та кількістю мікропластикових волокон у повітрі. В середньому найкоротші волокна спостерігалися на природній ділянці, а найдовші – в центрі Рима.

3. Картування. Картування лишайників є широко використовуваним методом у біоіндикації, особливо для оцінки якості повітря. Даний метод полягає в створенні карт поширення лишайників з використанням видової, індикаторної оцінки, також можливе використання індексів (табл. 1.1) [42].

Таблиця 1.1 – Етапи картування

№	Етап	Пояснення
1	Відбір досліджуваної ділянки	Площа може бути 10х10 м, 20 х 20 м тощо.
2	Визначення кількості дерев, з яких будуть збирати матеріал	Дерева повинні бути здоровими, приблизно однакового розміру, віку.

Продовження таблиці 1.1

3	Збір польових даних	Для вивчення лишайникового покриву кожного виду використовують палетку розмір 10х10 см, 20х20 см тощо. Її прикладають на ділянки дерев, які знаходяться на відстані 1 – 1,5 м від землі.
4	Обробка даних	Визначають видовий склад, класи частоти трапляння, проективного покриття, вираховують індекси (ІЧП).
5	Геопросторовий аналіз	Для кожної ділянки відбору проб фіксуються GPS-координати, що забезпечує можливість просторового картування. Це роблять за допомогою використання спеціальних програм, таких як My GPS Coordinates 1.74.
6	Створення карт	Використання спеціальних програм таких, як Surfer 10 для 3D візуалізації карт і поверхневого моделювання
7	Аналіз отриманих даних	Роблять висновки стосовно стану повітря, створення рекомендацій для його покращення

4. Метод «лишайник – мішечок » (lichen-bag). Суть методу полягає в приміщені зразків лишайників в спеціальні мішечки, розміщені отриманих мішечків в різних точках досліджуваної території на певний час, після чого їх збирають та проводять аналізи для визначення концентрацій хімічних речовин. Вперше цю техніку застосували в м. Пловдив (Болгарія) для оцінки якості повітря в районах з високою інтенсивністю автомобільного руху. Було досліджено концентрації 21 хімічного елемента за допомогою використання зразків *Pseudevernia furfuracea* (L.) Zopf, мішечки з якими було розміщено на 4 ділянках міста. Переваги даного методу: чітко визначений період впливу, легкий

контроль, відсутність обмежень при виборі кількості мішечків, гнучкість у розміщені. Основним недоліком є недостатня кількість інформації щодо ефективності поглинання різних полютантів різними видами лишайників, що ускладнює стандартизацію часу експозиції для конкретного виду в мішечках [43].

Найпоширеніший метод активного моніторингу – трансплантаційний метод. Сутність якого полягає в пересадці лишайників з відносно незабрудненої території на досліджувану ділянку, з подальшим їх вилученням та аналізом після встановленого періоду. Після чого відбувається моніторинг морфологічних змін слані, оцінка фізіологічних показників (фотосинтез, ступінь деградації хлорофілу), дослідження рівнів концентрацій забруднюючих речовин.

Прикладами успішного застосування цього методу є безліч зарубіжних досліджень. В роботі американських вчених [44], було зібрано 26 зразків епіфітних лишайників виду *Flavoparmelia caperata* у районі Міддлтауна, поблизу сталеливарного та коксохімічного заводів. Окрім цього було відібрано один фоновий зразок за 6 км на південний схід від міста. Потім в лабораторних умовах була проведена підготовка до аналізу ізотопного та елементного складу лишайників. Використовуючи дану методику вчені змогли розрізнити різноманітні промислові та міські викиди та ідентифікувати джерела забруднення. Аналіз складу в зразках лишайників виявило, що токсичні та потенційно токсичні метали в досліджуваному районі надходять з двох джерел, а саме: промислове виробництвом сталі та викиди від дорожнього руху.

Ще одним приклад ефективного використання даного методу ліхеноіндикації є дослідження «Біомоніторинг лишайниками сезонної якості зовнішнього повітря в школах промислового міста в Таїланді» [45]. Таломи лишайника *Parmotrema tinctorum* були пересаджені з незабрудненої території до дев'яти шкіл у промисловій зоні муніципалітету Лаем Чабанг та до контрольної ділянки. В кінці були отримані результати, що вказують про значне збільшення концентрацій 14 досліджуваних елементів, а саме As, Cd, Co, Cr, Cu, Fe, Mn,

Mo, Ni, Pb, Sb, Ti, V та Zn, в школах, ніж на контрольній ділянці. Концентрація свинцю на 9 ділянках перевищували дані з контролю в 3-11 разів. За допомогою цього дослідження було виявлено, що пересаджені лишайники, *P. tinctorum,* є ефективними біоіндикаторами якості повітря в закритих приміщеннях, таких як школа.

Використання даного методу ліхеноіндикації не закінчується лише моніторингом стану міських чи природних середовищ. За допомогою трансплантації також можна врятувати рідкісні або вразливі види лишайників. Наприклад, дослідження за 2017 рік [46] показали, що питання перенесення *Usnea angulata* має важливе значення, оскільки субстрат, *Tsuga caroliniana*, на якому розташований даний вид знаходиться під ризиком зникнення, через інвазивну тсугову вовняну попелицю. Неясно, чи зможе *U. angulata* природно перейти на інший вид субстрату, тому трансплантація лишайника з повалених, мертвих тсуг на інші види дерев у заповідниках є одним із природоохоронних заходів, які можна вжити для подолання його триваючого скорочення в східній Північній Америці.

1.5 Фізико-географічна характеристика Запорізької області

Запорізька область була утворена 10 січня 1939 року. Площа області становить 27,2 тис.км^2. Протяжність краю становить 208 км з півночі на південь і 235 км зі сходу на захід. Область межує: на заході – з Херсонською областю; на півночі – з Дніпропетровською; на сході – із Донецькою; на півдні – має вихід до узбережжя Азовського моря. В адміністративному плані Запорізька область складається з 5 районів (рис. 1.2). Також в області налічується 67 територіальних громад. В межах регіону розташовано 950 населених пунктів,

серед яких 36 міських і 914 сільських. Головним адміністративним центром є місто Запоріжжя [47].

Місто є частиною Дніпровського економічного району, та одним з найбільших адміністративних, промислових і культурних центрів Південної України. Відповідно до Генеральної схеми територіального планування України за 2019 рік, Запоріжжя вважається розвиненим центром чорної та кольорової металургії, машинобудування, а також енергетичної галузі [48].

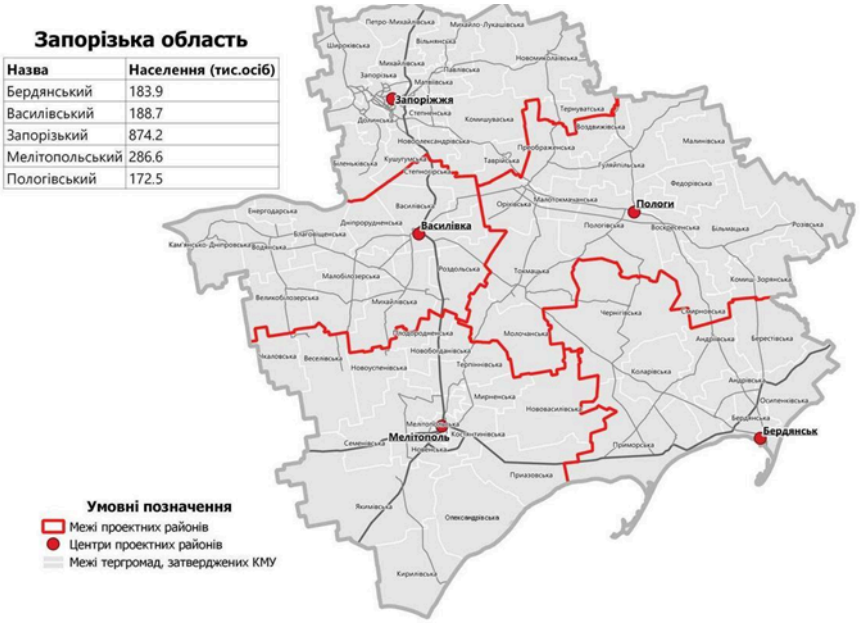


Рисунок 1.2 – Райони Запорізької області

Запорізька область розташована на південному сході України, в межах лівобережної частини басейну нижньої течії р. Дніпра.

Структура ландшафту Запорізької області характеризується єдністю територіальних формувань, які належать до рівнинного класу ландшафтів. Основою ландшафтної системи Запорізької області є такі елементи рельєфу, як Приазовська височина, Причорноморська та Приазовська низовини, річкові русла (Дніпро, Молочна тощо). До неї також входять узбережжя Азовського моря. На території наявні три підтипи ландшафтів: північностеповий, середньостеповий та сухостеповий [49] (див. рис. 1.3).

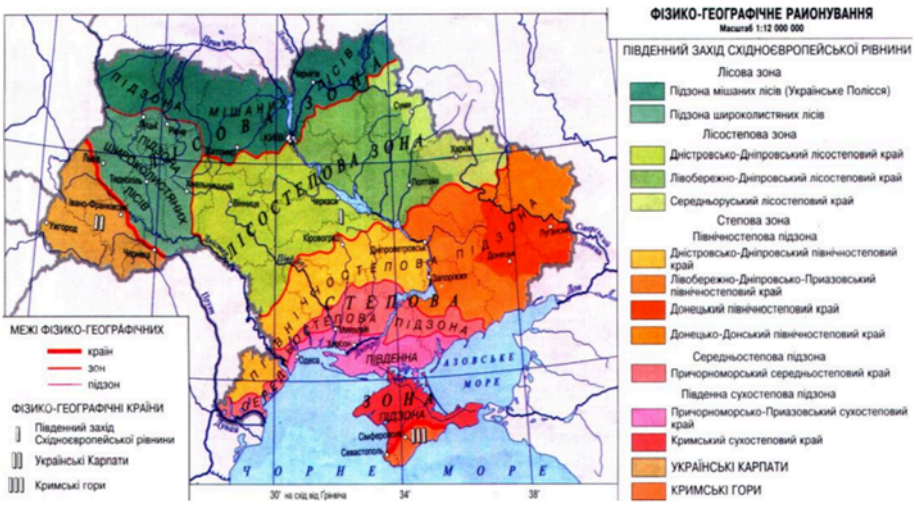


Рисунок 1.3 – Фізико – географічне районування України (за П.Г. Шищенко) [49]

Сучасні ландшафти Запорізької області були сформовані під час останньої геологічної епохи – голоцені. Виникненню степових зональних ландшафтів сприяли такі природні обставини, як: значні коловиння клімату (від помірно посушливого до теплого, до прохолодного) впродовж вологої фази епохи. Але середні кліматичні показники були близькі до сучасних [50].

В якості основних індикаторів північностепових ландшафтів виступають ковилово – типчакові та типчаково – ковилові степи на чорноземах звичайних. У сердньостепових наявне ксерофітне різнотрав'я з домішками ковили, що росте на південних чорноземах. Для сухостепового району притаманна розріджена рослинність з полину та злаків, які поширенні на темно – каштанових ґрунтах. Слід зауважити, що даний розподіл флори області зберігся лише на 5% території, решта – розорені внаслідок сільськогосподарської діяльності [50].

Типові повнічностепові ландшафти можна зустріти переважно на вузьких ділянках між річками. Їх солелюбні різновиди – на південних та південно-західних схилах ерозійних форм рельєфу, кам'янисті – в місцях близького злягання кристалічних порід [50].

Середньостеповій зоні притаманний більший дефіцит вологи, в порівняні з північною, менша кількість флори та інтенсивна мінералізація рослинних

решток. Все це сприяло формуванню менш потужних південних чорноземів з невеликою кількістю гумусу. Не дивлячись на це дані ґрунти мають високий потенціал родючості. Ландшафтний покрив однотипний. Регіональні відмінності пов'язано з присутністю височин та низовин, їх річково-долинним та балочно - яружним розчленуванням, а також змінами клімату із заходу на схід [50].

Сухий степ розташований на найнижчих територіях за висотою над рівнем моря. Дан зона характеризується значною посушливістю, рослинний покрив представлений полино-злаковими культурами, які ростуть на темно-каштанових і каштанових ґрунтах. Поєднання кліматичних факторів разом із близькістю до морського узбережжя дало поштовх для формування своєрідної ландшафтної структури, схожою на передгір'я [50].

Клімат – помірно – континентальний, характеризується посушливістю, яка є наслідком антициклонів з Азії, що також впливають на різке похолодання взимку. Наявні циклони, які приносять повітряні маси з Арктики та Атлантики [51].

Початок зимового сезону припадає на кінець листопада та початок грудня. Зима досить м'яка, з частими відлигами, після яких можливі різкі похолодання. Весняний період наступає в першій половині березня. Характерною особливістю даного періоду є інтенсивне наростання тепла, через що весняні процеси швидкоплинні. Літо здебільшого сухе і спекотне, в деякі періоди через дію антициклонів можуть виникати бурі, зливи, гради. На кінець вересня припадає початок осені, для якої характерне короткострокове повернення тепла, що виникає на фоні зниження температури [51].

Середньорічна температура повітря в північній частині регіону становить від +10,1°С до +11,2°С, в північно-східних районах – від +9,2 до +9,6°С. Середня температура у липні дорівнює +23,4°С, а в січні – 2,4° морозу. Максимальна зафіксована температура від +39 до + 41° тепла, мінімальна – 31-33° морозу [46].

На більшій частині Запорізької області тривалість періоду без заморозків в середньому становить 193 дні, у північно-східній частині – 164 доби. Перші морози з’являються на початку жовтня, в північно-східних районах – у другий половині вересня. Зазвичай кінець морозів настає в кінці квітня, іноді – на початку травня [51].

За рік випадає 504 – 572 мм опадів, що характерно для північної частині краю, а в південних районах ці значення знаходяться у діапазоні від 442 до 496 мм опадів за рік. Для регіону характерне нерівномірне надходження опадів, із значними коливаннями в їх кількості, що призводить до нерівномірного зволоження території. Річна вологість повітря становить 72 – 76%. Середня швидкість вітру – 2,6 м/с [51].

2 МАТЕРІАЛИ ТА МЕТОДИ ДОСЛІДЖЕНЬ

2.1 Матеріали дослідження

Під час проведення ліхеноіндикаційних досліджень було обрано три райони м. Запоріжжя, а саме: Олександрівський, Вознесенівський та Хортицький. Для збору матеріалів було закладено п’ять ділянок: парк Центральний парк культури та відпочинку «Дубовий Гай», парк Перемоги, Вознесенівський парк , парк Поколінь, парк Героїв Національної гвардії України, табл. 2.1 (додатки А.1 – А.5).

Таблиця 2.1 – Ділянки дослідження лишайників в районах м. Запоріжжя

Номер ділянки	Район	Парк
№1	Олександрівський	парк ЦПКВ «Дубовий гай»
№2	Вознесенівський	парк Перемоги
№3	Вознесенівський	Вознесенівський парк
№4	Хортицький	парк Поколінь
№5	Хортицький	парк Героїв Національної гвардії України

Центральний парк культури та відпочинку «Дубовий Гай», площа якого становить 80 га, розташований між вул. Глісерна та Прибержної магістралі, був заснований в 1960-ї роках. Парк Перемоги загальною площею 65 га, знаходиться на вул. Яценко та тягнеться від Прибережній магістралі і вище, вздовж річки Суха Московка. Заснований в 1979 році. Вознесенівський парк – 14 га, розташований в районі Прибережної магістралі. Парки «Поколінь» та «Героїв Національної гвардії України» були сформовані в 1970-х та 80-х роках. Парк Поколінь, загальна площа 18 га, розташований між вул. Запорізького Козацтва та вул. Світла. Парк Героїв Національної гвардії України, площа якого становить 5 га, простягнувся на місці перетину Ювілейного проспекту та вул. Василя Сергієнка [52].

2.2 Методика дослідження

При проведені досліджень використовували загально прийнятий в ліхеноекології метод квадратів. На кожній ділянці було виокремлено територію 20х20 м. В кожному квадраті обирались 10 здорових, прямостоячих дерев трьох видів: *Aesculus hippocastanum* L., *Acer platanoides* L. та *Quercus rubra* L. Потім було визначено кількість видів лишайників на кожному з них. Далі знаходили ступінь проективного покриття лишайників стовбурів дерев. Дослідження відбувалось на висоті 150 см від рівня землі [53]. Для оцінки ступеня покриття використовували рамку 10х10 см. Палетку приклали на найбільш зарослу лишайником ділянку кори дерев. Визначення відсоткового значення загального проективного покриття рамки проводили за допомогою формули 2.1 [54]:

$$R = 100 \times a + 50 \times b/c, \quad (2.1)$$

R – ступінь поркиття лишайниками дерев, %;

a – кількість квадратів, де лишайники займають більше половини площі (додають до них 100);

b – кількість квадратів, де лишайники займають менше половини площі (приписують 50);

c – кількість досліджених площадок.

Після визначення проективного покриття окремого виду лишайників на кожному дереві, знаходили середнє значення для кожної досліджуваної ділянки за формулою 2.2.

$$m = \frac{a_1 + a_2 + \ldots a_n}{n}, \quad (2.2)$$

m – середнє проективне покриття лишайників на ділянці;

a_n – значення покриття кожного виду на n-му дереві, де він був виявлений;

n – кількість дерев, на яких зафіксовано присутність певного виду.

Відомо, що ліхенофлора найбільш гостро реагує на наявність діоксиду сірки в повітрі, тобто чим більше концентрація SO_2, тим меньша кількість видів

та ступінь покриття відповідно на цій ділянці. Лишайники практично відсутні на територіях, з середньою концентраціє SO_2 понад 0,3 мг/м^3 («лишайникова пустеля»). При концентраціях від 0,3 мг/м^3 до 0,05 мг/м^3 з'являються накипні лишайники та листуваті види, такі як фісція, леканора, ксанторія («зона пригнічення»). Зменшення концентрації від 0,05 мг/м^3 до менших значень сприяє появі кущистих і деяких листуватих лишайників, наприклад, пармелії («зона нормальної життєдіяльності») [55].

З цього ми можемо зробити висновки, що чим більший відсоток покриття, тим чистіше повітря на досліджуваній території. Для визначення класів покриття користувались шкалою Х. Трасса (табл. 2.2) [56]. Разом з знаходженням проективного покриття, була встановлена частота трапляння для кожного лишайнику за допомогою складання відношення кількості дерев, на яких був певний вид, до загальної кількості всіх досліджених дерев. Її вираховували як для кожного парку окремо, так і по відношенню до всіх досліджуваних ділянок.

Таблиця 2.2 – Класи проективного покриття епіфітних лишайників

Клас	Проективне покриття, %
1	1 – 3%
2	4 – 5%
3	6 – 10%
4	11 – 20%
5	21 – 30%
6	31 – 40%
7	41 – 50%
8	51 – 65%
9	65–80%
10	81 – 100%

Назви представників ліхенофлори подано відповідно до глобальної мережі даних про біорізноманіття «GBIF.org» [57].

Для оцінки забруднення атмосферного повітря використовували індекс чистоти повітря (ІЧП). Розрахунки проводили, використовуючи «традиційну» формулу Ле Бланка та Де Слувера (2.3) [58]:

$$\text{І. Ч. П.} = \sum_{i=1}^{n} \frac{Q_1 \times f_1}{10}, \qquad (2.3)$$

Q_1 – екологічний індекс кожного виду, який визначається величинами від 1 до 30 за середнім значенням числа видів, що були виявлені в дослідженому угрупованні;

f_1 – комбінований показник частоти трапляння та покриття кожного виду (має значення від 1 до 5 і визначається візуально);

n – число видів, що зростають в даному лишайниковому угрупованні.

Для визначення показника f_1 використовували таку шкалу: 1 – вид трапляється дуже рідко і має низьке значення покриття (до 10%); 2 – вид трапляться на п’яти або менше форофітах і має слабке покриття (10 – 20%); 3 – представники виду зустрічаються на п’яти або менше дерев, мають помірне покриття (20 – 60%); 4 – вид зустрічається на шести – десяти форофітах та має значний відсоток покриття (40 – 60%); 5 – вид трапляється від восьми до десяти дерев, притаманне високий рівень покриття (понад 60%).

Після проведення розрахунків було виділено ізотоксичні зони, визначення яких відбувалось згідно з класифікацією, яка представлена в роботах С.Я. Кондратюка (табл. 2.3) [59].

Таблиця 2.3 – Класифікації ліхеноіндикаційних зон за значенням індексу чистоти повітря

Назва зони	ІЧП
Дуже забруднена	0 – 5
Середньо забруднена	5 – 10
Слабко забруднена	10 – 15
Незабруднена	15 та <

3 ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНА ЧАСТИНА

3.1 Видовий склад лишайників та їх поширеність в парках м. Запоріжжя

У результаті ліхеноіндикаційних досліджень було виявлено 8 видів епіфітних лишайників, що належать до 7 родин та родів (табл. 3.1).

Таблиця 3.1 – Видова структура лишайників парків м. Запоріжжя

№	Види	Ділянки				
		№1	№2	№3	№4	№5
Накипні						
1	*Lecanora conizaeoides* Nyl	+	+	+	+	+
Листуваті						
2	*Hypogymnia physodes* (L.) Nyl.	-	-	-	-	+
2	*Parmelia sulcata* Taylor	+	-	-	-	-
3	*Parmelina tiliacea* (Hoffm.) Hale	+	+	+	+	+
5	*Phaeophyscia orbicularis (*Neck.*)* Moberg	-	-	-	+	-
6	*Physcia tenella* (Scop.) DC	-	-	-	-	+
7	*Xanthoria parietina (*L.) Beltr.	+	+	+	+	+
Кущисті						
8	*Evernia prunastri* (L.) Ach	+	-	-	-	-

Примітки: ділянки: №1 – ЦПКВ «Дубовий гай», №2 – парк Перемоги, №3 – Вознесенівський парк, 4 – парк Поколінь, 5 – парк Героїв Національної гвардії України. Присутність виду позначена знаком «+».

Після збору та обробки отриманих даних, було виокремлено три класи частоти трапляння видів, по відношенню до загальної кількості дерев : 0 – 10%; 10 – 60%; понад 60%. Якщо казати про результати по відношенню до всіх

ділянок, то найбільш поширеними виявились види *Parmelia tiliacea*, частота трапляння якої становить 94%, *Lecanora conizaeoides* – 64% та *Xanthoria parietina* – 52%.

Також знайдено чотири класи проективного покриття, відповідно дорезультатів отриманих з 50 досліджених форофітів: 1–3%; 10–20%; 21–40%; 40–45%. По відношенню до проективного покриття лідируючі місця належать *Phaeophyscia orbicularis,* площа покриття якої становить 44,5%, *P. tiliacea* – 40,41%.

Окремо нами була проведена ідентифікація видів – індикаторів. Ми використовували стандартну класифікацію індикаторних видів для великих міст України [58], в основі якої є виокремлення груп залежно від чутливості їхніх видів до забруднення повітря. Результати наведені у таблиці 3.2 (додатки Б.1 – Б.6).

Таблиця 3.2 – Поділ лишайників на індикаторні групи

Група	Види
Стійкі до атмосферного забруднення	*Lecanora conizaeoides, Phaeophyscia orbicularis, Xanthoria parietina.*
Середньо чутливі	*Hypogymnia physodes, Parmelia sulcata, Parmelina tiliacea, Physcia tenella.*
Чутливі	*Evernia prunastri*

Отже, усі виявлені види є видами – індикаторами. Відповідно до С.Я. Кондратюка накипна *Lecanora conizaeoides* та листуваті *Phaeophyscia orbicularis*, *Xanthoria parietina* є індикаторами кислотного або пилового забруднення [59].

Найбільш поширеними є три види – *L. conizaeoides, P. tiliacea* та *X. Parietina*. Проективне покриття кожного становить 25,84%, 40,41% та 16,29% відповідно. Оскільки ці види присутні на всіх п’ятьох парках, то це свідчить про загальне середнє пилове забруднення атмосферного повітря. Причинами якого є розташування рекреаційних зон поблизу автомобільних шляхів.

3.2 Оцінка забруднення атмосферного повітря

Після підрахунку індексу частоти повітря ми отримали такі результати: ЦПКВ «Дубовий Гай» – 6,55; парк Перемоги – 2,4; Вознесенівський парк – 4,14; парк Поколінь – 7,1; парк Героїв Національної гвардії України – 10,15.

Отримані нами результати збігаються з даними Державної установи «Запорізький обласний центр контролю та профілактики хвороб Міністерства охорони здоров'я України», яка проводить моніторинг за станом атмосферного повітря. За 2023 рік лабораторією Центру було відібрано 2956 проб повітря, з них в 476 було виявлено перевищення ГДК забруднюючих речовин. Найбільш високі перевищення спостерігались у Вознесенівському (28,8% від загальної кількості проб по району), Олександрівському (25,9%) районах міста. В Хортицькому районі відхилень від нормативних показників не було зафіксовано [60].

Якщо ми об'єднаємо отримані значення індексу чистоти повітря по районам, то можна побачити, що найбільше значення ІЧП буде мати паркові зони в Хортицькому районі, на другому місці – «Дубовий Гай», в Олександрівському, найменші значення у парках Вознесенівського району – Вознесенівський парк та парк «Перемоги» (рис. 3.1).

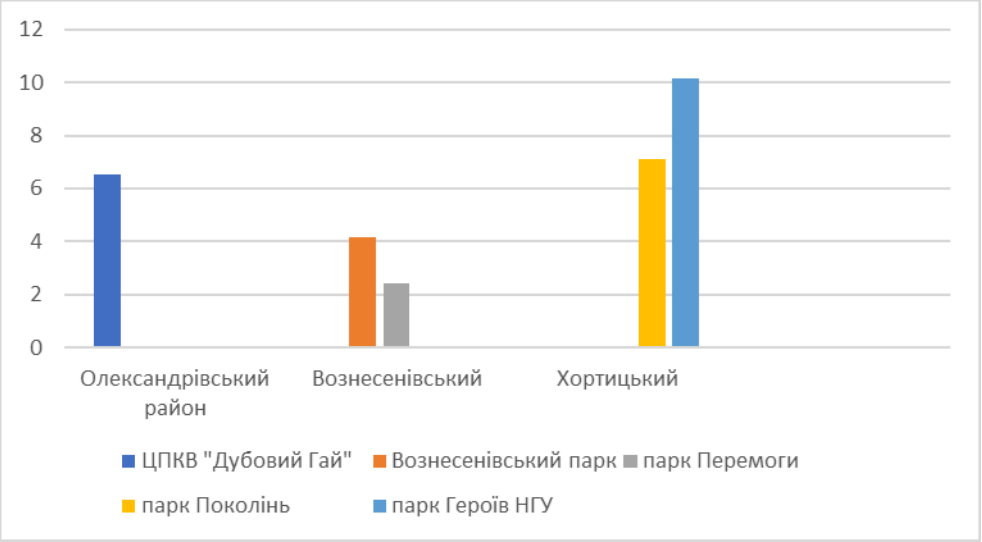


Рисунок 3.1 – Значення ІЧП паркових зонах в районах міста Запоріжжя

Відповідно до розрахунків ІЧП ми виділили 3 ізотоксичні зони.

Дуже забруднена ліхеноіндикаційна зона: парк Перемоги (І.Ч.П. – 2,4), Вознесенівський парк (І.Ч.П. – 4,14). Загальна площа зони становить 79 га. У межах цієї зони були знайдені два види-індикаторів кислотного й пилового забруднення - *Lecanora conizaeoides*, *Xanthoria parietina* та один вид середньої чутливості - *Parmelina tiliacea.* Оскільки ці дві рекреаційні зони знаходяться поблизу дороги та трамвайних колій, то можна зробити припущення, що основними джерелами забруднення атмосфери на цих ділянках слугує автомобільний транспорт. Відповідно частота зустрічаємості виду-індикатора *Lecanora conizaeoides* в даній зоні складає 35%, *Xanthoria parietina* – 90%, що свідчить про високий рівень забруднення територій пилом, *Parmelina tiliacea* – 100%. Середнє проективне покриття лишайниками на цих двох ділянках можна подивитись в таблиці 3.3.

Таблиця 3.3 – Проективне покриття епіфітних лишайників в парках «Перемоги» та «Вознесенівському» на 2025 рік

Види	Середнє проективне покриття, %		Класи	
	Парк Перемоги	Вознесенівський парк	Парк Перемоги	Вознесенівський парк
L.conizaeoides	23,33	24,37	5	5
P. tiliacea	33,45	35,9	6	6
X. parietina	29,94	21,3	5	5

Середньо забруднена ліхеноіндикаційна зона (І.Ч.П. = 5-10): парк ЦПКВ «Дубовий гай» (І.Ч.П. – 6,55), парк Поколінь (І.Ч.П. – 7,1). Площа зони дорівнює 98 га. Окрім видів-індикаторів пилового та кислотного забруднення (*Lecanora conizaeoides*, *Xanthoria parietina, Phaeophyscia orbicularis*) та сердньо чутливих (*P. sulcata, P. tiliacea*) тут наявний також представник чутливих кущистів видів - *Evernia prunastri.* Відсоток зустрічаємості *L. conizaeoides* становить 75%, *X. parietina* – 25%, *Phaeophyscia orbicularis* – 5% - перша група індикаторних видів. Частота трапляння другої групи (середньо чутлива): *P.*

sulcata – 15%, *P. tiliacea* – 85%. Третьої групи (чутлива): *Evernia prunastri* – 5%. Класи проективного покриття представлені в таблиці 3.4.

Таблиця 3.4 – Проективне покриття епіфітних лишайників в парках «Дубовий Гай» та «Поколінь» на 2025 рік

Види	Середнє проективне покриття, %		Класи	
	ЦПКВ «Дубовий Гай»	Парк Поколінь	ЦПКВ «Дубовий Гай»	Парк Поколінь
L.conizaeoides	37,8	12	6	4
P. sulcata	26	-	5	-
P. tiliacea	45	48,5	7	7
Phaeophyscia orbicularis	-	44,5	-	7
X. parietina	8,5	15,75	3	4
Evernia prunastri	14,5	-	4	-

Можемо зробити висновки, що збільшення представників середньої та поява виду чутливої групи свідчать про кращій стан повітря. Однією з причин цього є розташування парків та відстань до автомагістралей. Підтвердженням цього є наявність *Evernia prunastri,* яка була знайдена в глибині парку «Дубовий Гай».

Слабко забруднена ліхеноіндикаційна зона (І.Ч.П. = 10-15): парк Героїв Національної гвардії України (І.Ч.П. – 10,15). Площа становить 5 га. Ліхенобіота представлена видами двох індикаторних груп: першої (*L. conizaeoides* – 100% трапляння, *X. parietina* – 30%) та другої (*P. tiliacea – 100%, Hypogymnia physodes* – 10%, *Physcia tenella* – 5%). Проективне покриття видів-індикаторів наведено в таблиці 3.5.

Таблиця 3.5 – Проективне покриття епіфітних лишайників в парку «Героїв Національної гвардії України» на 2025 рік

Види	Середнє проективне покриття, %	Класи
L. conizaeoides	31,75	6

Hypogymnia physodes	2,75	1

Продовження таблиці

P. tiliacea	39,25	6
Physcia tenella	1,5	1
X. parietina	6	3

З отриманих даних ми бачимо, що найбільшу середню площу покриття мають види *L. conizaeoides* та *P. tiliacea*. Також збільшуються кількість видів середньої чутливості, що свідчить про покращення стану атмосферного повітря.

Загальна площа рекреаційних ділянок, на яких відбувалось дослідження становить 182 га. Співвідношення територій ізотоксчиних зон можна побачити на рисунку 3.2.



Рисунок 3.2 – Площа рекреаційних зон м. Запоріжжя за рівнем забруднення повітря

Отже, можемо зробити висновки, що найбільша кількість територій буде мати середній ступінь забруднення атмосферного повітря, на другому місці – дуже забрудненні, і найменший відсоток території буде слабко забрудненим. З цього ми можемо стверджувати, що екологічний стан рекреаційних зон м. Запоріжжя має незадовільний характер, та потребує подальшого вивчення та впровадження природоохоронних заходів для покращення стану.

4 ОХОРОНА ПРАЦІ ТА БЕЗПЕКА В НАДЗВИЧАЙНИХ СИТУАЦІЯХ

Охорона праці – це комплекс санітарних, технічних ти організаційних заходів, які спрямовані на гарантування безпеки та збереження здоров'я працівників в робочому середовищі. Її мета полягає не лише у запобіганні випадкам травматизму або професійних хвороб, а й у створенні комфортних умов, які будуть сприяти підвищенню продуктивності трудової діяльності.

Організацією охорони праці займається роботодавець відповідно до визначених законом правових, соціально-економічних основ [61]. Для її забезпечення на території підприємства створюють службу охорони праці, якщо кількість працівників становить 50 осіб. У випадку коли штат менший, то ці функції можуть бути покладені на кваліфікованих працівників або спеціалістів, найнятих на договірній основі [62].

Важливість створення надійної системи охорони праці та дотримання її зумовлена високими ризиками виникненням аварійних ситуацій на об'єктах промисловості, транспортних засобів, які супроводжуються викидами шкідливих речовин, що далі негативно впливає на стан та здоров'я населення.

У межах підготовки до виконання практичної частини наукової роботи «Ліхеноіндикаційна оцінка якості повітря паркових зон м. Запоріжжя» я пройшла відповідний інструктаж з охорони праці та пожежної безпеки, проведений науковим керівником відповідно до Інструкції № 46 з охорони праці та Інструкції № 62 з пожежної безпеки.

Оскільки збір матеріалу для розрахунків відбувався в 3 районах міста, то під час його здійснення могли виникнути такі небезпечні виробничі ситуації, як: автомобільні аварії , обстріли під час повітряної тривоги [63].

Також для виконання цього завдання використовували польові дослідження в теплу пору року. До основних ризиків пов'язаних з даним видом робіт відносять: теплові удари, укуси комах, кліщів. Для уникнення цих ситуацій були зроблені наступні кроки: польові дослідження проводились в

закритому одязі, ознайомлення з прогнозом погоди та уникнення роботи при високій температурі, обов’язкова наявність пляшки води.

Задля уникнення аварійних ситуацій, я дотримувалась таких правил [64]:

1. Рухалась по тротуарах і пішохідних доріжках, тримаючись правого боку, у випадку їх відсутності – по краю проїзної частини назустріч руху транспортних засобів.

2. У випадку відсутності пішохідних переходів, користувалась підземними і надземними, а у разі їх відсутності рух відбувався по лініях тротуарів або узбіч.

3. У місцях, де рух регулюється, користувалась сигналами світлофора. Якщо не встигала закінчити перехід проїзної частини дороги, то зупинялась і перебувала на острівці безпеки або лінії, що розділяє транспортні потоки протилежних напрямків.

4. Перед тим, як виходити на проїзну частину з-за транспортних засобів, що стоять, та інших об’єктів, що обмежують оглядовість, зупинялась та впевнювалась у відсутності транспортних засобів, що наближаються.

5. Коли чекала транспортний засіб, то знаходилась на тротуарах, зупинках, не створюючи перешкод для дорожнього руху.

У випадку мого знаходження на вулиці під час повітряної тривоги, я виконувала наступні дії [65]:

1. Уникала натовпу.

2. Коли чула звуки обстрілів, то знаходила укриття, заглиблене нижче рівня землі – підземний перехід, й чекала 10 хвилин після останнього вибуху.

3. Не панікувала, діяла спокійно.

Обробка даних, оформлення роботи відбувалось за комп’ютером, тому задля уникнення фізичних та психофізіологічних загроз, користувалась такими правилами [66]:

1. Правильно розміщувала устаткування та електричні кабеля: якнайдалі від води, вибухонебезпечних речовин та об’єктів.

2. Користувалась тільки справні, надійні, розетки з пожежебезпечних матеріалів.

3. Слідкувала, щоб освітлення робочого місця було рівномірним, обирала оптимальний напрям світла.

4. Розташовувала робоче місце таким чином, щоб природне світло падало на нього зліва, на приблизній відстані від них в 1,5 м.

5. Монітор був розташований на робочому місці так, щоб поверхня екрана знаходилася в центрі поля зору на відстані 400-700 мм від моїх очей.

6. Працювала в зручній позі: спина була прямою, плечі – розслабленими, стопи стояли рівно на підлозі, стегна розміщені горизонтально, верхні частини рук – вертикально. Під час роботи змінювала положення тіла для запобігання перевотоми.

7. Кожну годину-дві робила перерву на 15-30 хвилин.

ВИСНОВКИ

1. У результаті польових досліджень було виявлено 8 видів епіфітних лишайників, що належать до 7 родин та родів: *Lecanora conizaeoides* Nyl., *Parmelia sulcata* Taylor, *Parmelina tiliacea* (Hoffm.) Hale, *Xanthoria parietina* (L.) Beltr., *Hypogymnia physodes* (L.) Nyl., *Physcia tenella* (Scop.) DC, *Phaeophyscia orbicularis* (Neck.) Moberg, *Evernia prunastri* (L.) Ach. Дані види відносяться до 3 груп чутливості по відношенню до забруднення повітря: стійкі (*L. conizaeoides*, *P. orbicularis*, *X. parietina*), середньо чутливі (*P. sulcata*, *P. tiliacea*, *H. physodes*, *P. tenella*), чутливі (*Evernia prunastri*).

2. Після проведення розрахунків індексу чистоти повітря були отримані такі результати: ЦПКВ «Дубовий Гай» (№1) – 6,55; парк Перемоги (№2) – 2,4; Вознесенівський парк (№3) – 4,14; парк Поколінь (№4) – 7,1; парк Героїв Національної гвардії України (№5) – 10,15. Найбільш забруднене атмосферне повітря буде на ділянках 2 та 3, середній рівень забруднення – в 1 та 4, і найбільш чисте повітря з слабким рівнем забруднення – в 5.

3. Виділено 3 ізотоксичні зони: дуже забруднена ліхеноіндикаційна зона (парк Перемоги та Вознесенівський парк, площа – 79 га), середньо забруднена (ЦПКВ «Дубовий гай», парк Поколінь, площа – 98 га), слабко забруднена (парк Героїв Національної гвардії України, площа – 5 га).

ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ

1. Стан довкілля в Запорізькій області за січень 2025 року: інформаційно – аналітичний огляд. URL: https://www.zoda.gov.ua/news/72868/informatsiyno-analitichniy-oglyad-stanu-dovkillya-v-zaporizkiy-oblasti-za-sichen-2025-roku.html (дата звернення: 29.03.2025)

2. Сонько С.П. Засадничі принципи ноосферного природокористування у контексті концепції сталого розвитку. *Вісник Криворізького економічного інституту КНЕУ*. 2006. №8. С. 74 – 87.

3. Urinova Sadoqatoy Kobuljanovna. Active and Passive Moss Biomonitoring for Water and Air Pollution Control. *Texas Journal of Multidisciplinary Studies*. 2022. Vol. 7. P. 315 – 323.

4. Рингач Н.О., Власик Л.Й., Власик Л.І., Колодніцька Т.Л. Урбанізація і вплив на здоров'я забруднення повітря в Україні: загрози та можливості. *Буковинський медичний вісник*. 2022. Т. 26, № 2. С. 69 – 76.

5. ДБН Б.2.2-5:2011. Благоустрій територій. [На зміну СНиП III-10-75. Благоустрій території; чинний від 01.09.2012]. Вид. офіц. Київ: Міністерство розвитку громад та територій України, 2022. 50 с.

6. Z. Bukabayeva, S. Abiyev, B. Silybayeva, O. Ivachshenko. The impact of climate aridification on rare lichen communities. *Biosystems Diversity*. 2024. Vol. 32 (1). P. 142 – 149.

7. Парпан В. І., Миленька М. М. Деревні рослини як кумулятивні індикатори забруднення довкілля важкими металами. *Наукові записки Тернопільського національного педагогічного університету*. 2008. № 4(38). С. 93–97.

8. Притула Н.М. Біоіндикація: навчальний посібник. Запоріжжя: ЗНУ, 2020. 141 с.

9. Hee, S. Q. Biological monitoring: An introduction: book.Canada: John Wiley & Sons. 1993. P. 672 pages.

10. Gerhardt, A. Bioindicator species and their use in biomonitoring. *Environmental Monitoring*. 2002. №1. P. 77-123.

11. Cremasco Takano A. P., Rybak J., Matera Veras M. Bioindicators and human biomarkers as alternative approaches for cost-effective assessment of air pollution exposure. *Front. Environ. Eng*. 2024. Vol. 3. P. 1346863.

12. Stojanowska, A., Rybak, J., Bożym, M., Olszowski, T., and Bihałowicz, J. S. Spider webs and lichens as bioindicators of heavy metals: a comparison study in the vicinity of a copper smelter (Poland).*Sustainability.* 2020. Vol. 12 (19). P. 8066.

13. Abulude F. O., Elisha J. J. Moss Bag Preparation: A Low-Cost Technique in Monitoring Airborne Particulate and Toxic Elements. *Environmental and Earth Sciences*. 2017. Preprints. 2017030064. URL: https://doi.org/10.20944/preprints201703.0064.v1

14. Da Costa, G. M., Petry, C. T., and Droste, A. Active versus passive biomonitoring of air quality: genetic damage and bioaccumulation of trace elements in flower buds of *Tradescantia pallida* var. *purpurea*. *Water Air Soil Pollution.* 2016. Vol. 227, 229. URL: https://doi.org/10.1007/s11270-016-2923-y.

15. Witt, K. Species-plot turnovers from repeated atlas mapping of breeding birds in southern Berlin, 1980 and 1990. *Acta Ornithologica*. 1996. № 31(1). P. 81-84.

16. Holt, E. A., Miller, S. W. Bioindicators: Using organisms to measure. *Nature Education Knowledge*. 2011. №2(2). P. 8-13

17. Armando Guerrero-Aguilar, Ulises Emiliano Rodriguez-Castrejón, Alma Hortensia Serafín-Muñoz, Christoph Schüth, Berenice Noriega-Luna. Bioindicators and biomonitoring: Review of methodologies applied in water bodies and use during the Covid-19 pandemic. *Acta Universitaria Multidisciplinary Scientific Journal*. 2022. Vol.32. P. 1 – 26.

18. Ikhajiagbe B, Ogwu M. C. Growth performance and ferulic acid composition of *Amaranthus* species and *Mitracarpus villosus* in competition with weed species. *Environmental Sustainability*. 2021. Vol. 4. P. 691 – 703.

19. Scemama P, Levrel H. Influence of the organization of actors in the ecological outcomes of investment in restoration of biodiversity. 2019. *Ecological Economics*. Vol. 157. P. 71–79

20. Литвиненко Д. В., Маслов Д. О. Ліхеноіндикація як метод оцінки якості атмосферного повітря урбоекосистем. Освітні та наукові виміри природничих наук: збірник матеріалів III всеукр. заоч. наук. конф., м. Суми, 9 листоп. 2022 р. Суми, 2022. С. 44-46.

21. Larson D. The absorption and release of water by lichens. *Bibliotheca Lichenologica*. 1987. 25(35). P. 351–360.

22. Bhagarathi L.K., Maharaj G., Da Silva P.N.B. & Subramanian G. A review of the diversity of lichens and what factors affect their distribution in the neotropics. *GSC Biological and Pharmaceutical Sciences*. 2022. Vol. 20(3). P. 27–63.

23. Dania R., Raquel P.-B. A Review of Laboratory Requirements to Culture Lichen Mycobiont Species. *Journal of Fungi*. 2024. Vol. 10(9). P. 621.

24. Чалая О. С., Панкова О. В., Безпалько В.В. Біоіндикація довкілля. «Оцінка забрудненості повітря за допомогою лишайників (ліхеноіндикація)»: методичні вказівки до виконання роботи. Харків: ДБТУ, 2023. 15 с.

25. J. L. Poleva, M. D. Polev. «Lace Miracle», lichens as an indicator of the ecological situation using the example of Turkey Creek, Florida. *Ecology and Noospherology*. 2024. Vol. 35(1). P. 66 – 71.

26. Jiho Yang , Soon-Ok Oh, Jae-Seoun Hur. Lichen as Bioindicators: Assessing their Response to Heavy Metal Pollution in Their Native Ecosystem. *Mycobiology*. 2023. Vol. 51(5). P. 343 – 353.

27. Massimi L., Castellani F., Protano C., Conti M. E., Antonucci A., Frezzini M. A., Galletti M., Mele G., Pileri A., Ristorini M., Vitali M., Canepari S.. Lichen transplants for high spatial resolution biomonitoring of Persistent Organic

Pollutants (POPs) in a multi-source polluted area of Central Italy. *Ecological Indicators*. 2021. Vol. 120. P. 463 – 475.

28. Fiore Capozzi, Paola Adamo, Valeria Spagnuolo, Simonetta Giordano. Field comparison between moss and lichen PAHs uptake abilities based on deposition fluxes and diagnostic ratios. *Ecological Indicators*. 2021. Vol. 120. P. 346 – 353.

29. Benítez, A., Aragón, G., González, Y., Prieto, M. Functional traits of epiphytic lichens in response to forest disturbance and as predictors of total richness and diversity. *Ecological Indicators*. 2018. № 86. P. 18–26.

30. Ашихміна Т. Я. Біоіндикація та біотестування – методи пізнання екологічного стану навколишнього середовища. 2005. С. 250-256.

31. Klimek, B., Tarasek, A., Hajduk, J. (2015). Trace element concentrations in lichens collected in the beskidy mountains, the outer western carpathians. *Bulletin of Environmental Contamination and Toxicology*. 2015. № 94 (4). P. 532–536.

32. Boonpeng, C., Sriviboon, C., Polyiam, W., Sangiamdee, D., Watthana, S., Boonpragob, K. Assessing atmospheric pollution in a petrochemical industrial district using a lichen-air quality index (LiAQI). *Ecological Indicators*. 2018. № 95. P. 589–594.

33. Abas, A. A systematic review on biomonitoring using lichen as the biological indicator: a decade of practices, progress and challenges. *Ecological Indicators*. 2021. № 121. P. 107 - 197.

34. Azlan A., Fateen N. R., Mohammad L. J. Lichen as the biological indicator for detection of environmental tobacco smoke (ETS) at the public office building in Selangor, Malaysia. *Frontiers in Environmental Science*. 2024. Volume 12. P. 48 – 56.

35. Бойко Т.О. Життєві форми лишайників різних субстратів Єланецько-Інгульського регіону (Миколаївська та Кіровоградська області, Україна). *Сучасна Фітоморфологія*: збірник матеріалів І міжнар. наук. конф., м. Львів, 24 – 26 квіт. 2012 р. Львів, 2012. С. 85 – 88.

36. Hugo S., Matteo D., Alessandro C., Juri N. Networks of epiphytic lichens and host trees along elevation gradients: Climate change implications in mountain ranges. *Journal of Ecology*. 2021. Vol. 109 (3). P. 1122 – 1132.

37. Anzhella V. S., Anna A. T. Structural and functional adaptations of epilithic lichens of Umbilicaria genus in the White Sea coastal conditions. *Czech Polar Reports*. 2016. Vol. 6 (2). P. 169 – 179.

38. Shukla V., Upreti D.K., Bajpai R. Lichens to Biomonitor the Environment: book. India: Springer. 2014. 185 p.

39. Димитрова Л.В. Урбаногрупи епіфітних лишайників та особливості їх поширення на території м. Києва. Український ботанічний журнал. 2008. Випуск 65, №3. С. 408 – 417.

40. Hanna Salo . Preliminary comparison of the suitability of three sampling materials to air pollution monitoring. *Fennia*. 2014. Vol. 192 (2). P. 154–163.

41. Davide Taurozzi, Luca Gallitelli, Giulia Cesarini, Susanna Romano, Monica Orsini, Massimiliano Scalici. Passive biomonitoring of airborne microplastics using lichens: A comparison between urban, natural and protected environments. *Environment International*. 2024. Vol. 187. P. 108707.

42. Шершова Н. В. Ліхеноіндикація стану атмосферного повітря в місті Васильків Київської області. Український ботанічний журнал. 2018. Випуск 75(2). С. 143 – 148.

43. Petrova S.P., Yurukova L.D.,Velcheva I.G. Lichen-bags as a biomonitoring technique in an urban area. *Applied Ecology and Environmental Research*. 2015. Vol. 13 (4). P. 915 – 923.

44. Masoomeh Kousehlar, Elisabeth Widom. Identifying the sources of air pollution in an urban-industrial setting by lichen biomonitoring – A multi-tracer approach. *Applied Geochemistry*. 2020. Vol. 121. P. 104695.

45. Chaiwat Boonpeng, Duangkamon Sangiamdee, Sutatip Noikrad, Kansri Boonpragob. Lichen biomonitoring of seasonal outdoor air quality at schools in an industrial city in Thailand. *Environmental Science and Pollution Research*. 2023. Vol. 30. P. 59909–59924.

46. Jessica L. Allen. Testing lichen transplant methods for conservation applications in the southern Appalachian Mountains, North Carolina, U.S.A. *The Bryologist*. 2017. Vol. 120 (3). P. 311 – 319.

47. Стратегічний аналіз соціально-економічного розвитку запорізької області (виконано в межах розробки проєкту Стратегії регіонального розвитку Запорізької області на період до 2027 року). URL: https://www.zoda.gov.ua/files/WP_Article_File/original/000122/122545.pdf (дата звернення: 05.04.2025)

48. Zaporizhia development strategy 2028. URL: https://zp.gov.ua/upload/editor/zaporizhia_strategy_eng_by_pages.pdf (дата звернення 05.04.2025).

49. Голобородько К. К., Пахомов О. Є. Г 60 Біологічне різноманіття України. Дніпропетровська область. Булавовусі луско крилі (Lepidoptera: Hesperioidea, Papilionoidea): посібник. Дніпро: ДНУ, 2007. 320 с.

50. Lysenko V., Chebanova Y. Modern state of natural landscape complexes of Zaporizhzhya area. *Teka. Commission of motorization and energetics in agriculture*. 2016. Vol. 16, No.3. P. 101 – 108.

51. Запорізька обласна державно адміністрація. Департамент захисту довкілля. Регіональна доповідь про стан навколишнього природного середовища Запорізької області у 2021 році. Запоріжжя, 2022 рік. URL: https://mepr.gov.ua/wp-content/uploads/2022/10/Regionalna-dopovid-Zaporizka-ODA-2021.pdf (дата звернення 06.04.2025)

52. Програма комплексного озеленення м. Запоріжжя на 2019-2029 роки «Зелене місто»: Рішення Запорізької міської ради від 28.08.2019 №22 Дата оновлення: 28.08.2019. URL: https://zp.gov.ua/upload/content/o_1djtgf2rc88q1pfo1isj8g5821a.pdf (дата звернення: 07.04.2025).

53. Горова А.І., Павличенко А.В., Борисовська О.О., Ґрунтова В.Ю., Деменко О.В. Біонідикація: методичні рекомендації до виконання лабораторних робіт. Дніпро: НГУ, 2014. 76 с.

54. Фролова Н.М., Бевз-Бірон О.О. Збірник методичних вказівок для проведення навчальної практики студентів ІІ курсу природоохоронного та еколого-економічного факультету, денної форми навчання, напрям підготовки 6.040106 «Екологія, охорона навколишнього середовища та збалансоване природокористування». Одеса: ОДЕКУ, 2012. 100 с.

55. Лук'янова Л. Б. Лабораторний практикум з екології: навч.-метод. посіб. 2-ге вид., перероб. та доп. Київ : ТОВ «ДСК – Центр», 2016. 143 с.

56. Trass H. Lichen sensitivity to the air pollution and index of poleotolerance (I. P.). *Folia Cryptogamica Estonica*. 1973. № 3. P. 19 – 22.

57. *GBIF. Global Biodiversity Information Facility.* URL: https://www.gbif.org/ (дата звернення: 13.04.2025).

58. Кондратюк С.Я. Індикація стану навколишнього середовища України за допомогою лишайників. Київ: Наук. думка, 2008. 336 с.

59. Кондратюк С.Я., Мартиненко В.Г. Ліхеноіндикація. Кіровоград: ТОВ "Код", 2006. 260 с.

60. Запорізька обласна державно адміністрація. Департамент захисту довкілля. Регіональна доповідь про стан навколишнього природного середовища Запорізької області у 2023 році. Запоріжжя, 2024 рік.

61. Про охорону праці : Закон України від 14.10.1992 № 2694-XII : станом на 4 квіт. 2025 р. URL: https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/2694-12#Text (дата звернення: 01.05.2025).

62. Порядок створення служби охорони праці на підприємстві – Державна служба України з питань праці. Державна служба України з питань праці – Державна служба України з питань праці. URL: https://dsp.gov.ua/faq/poriadok-stvorennia-sluzhby-okhorony-pratsi-na-pidpryiemstvi/ (дата звернення: 01.05.2025).

63. Атаманчук П.С., Мендерецький В. В., Панчук О. П., Чорна О. Г. Безпека життєдіяльності: навч. посіб. Київ: «Центр учбової літератури», 2011. 276 с.

64. Обов'язки і права пішоходів. Тести з ПДР комплект Нові 2025. URL: https://vodiy.ua/pdr/4/ (дата звернення: 01.05.2025).

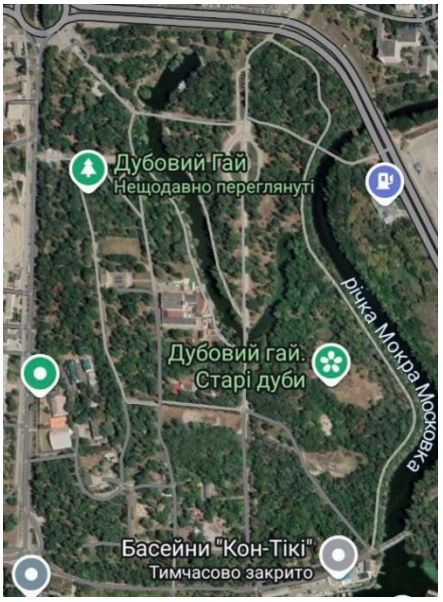
65. SICH Р.Б. Правила поведінки під час повітряної тривоги: алгоритм дій – Компанія «Січ-Україна». Компанія «Січ-Україна». URL: https://sich.ua/domedychna-dopomoha/pravyla-povedinky-pid-chas-povitrianoi-tryvohy-alhorytm-dij/?srsltid=AfmBOoqyyqBUNQj_AQgFpXLbPPcmN825Y-p4vJmnMzGNkVzOwvdkUjH5 (дата звернення: 01.05.2025).

66. Офіційний сайт міста Південноукраїнська | Правила техніки безпеки при роботі за комп’ютером. Офіційний сайт міста Південноукраїнська | Головна сторінка. URL: https://yu.mk.ua/news/show/19394 (дата звернення: 01.05.2025).

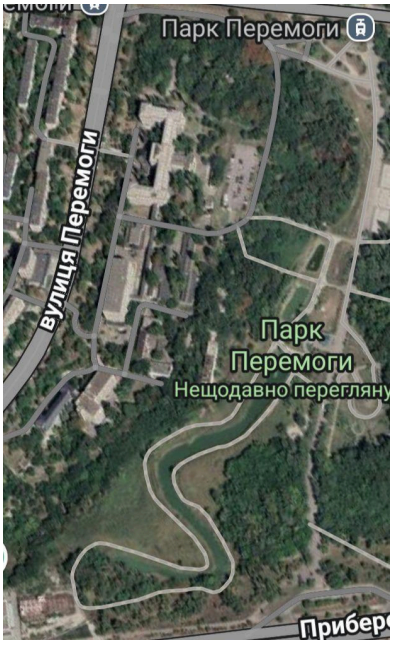
ДОДАТКИ

Додаток А

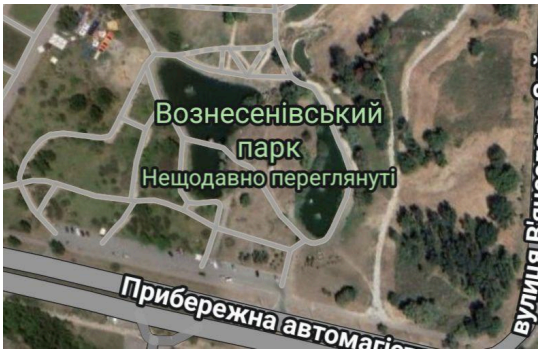
Ділянки, на яких проводили ліхеноіндикаційні дослідження.



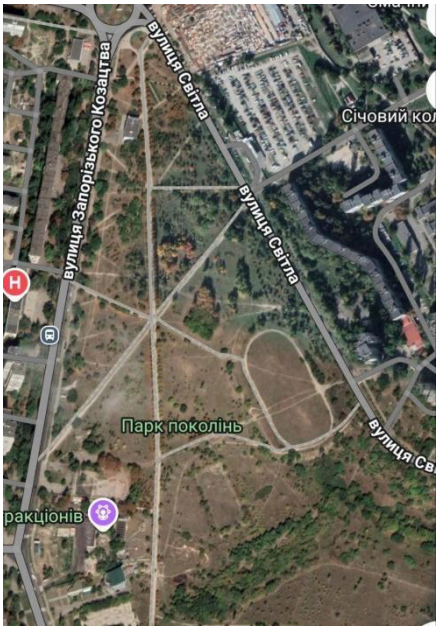
А.1 – Центральний парк культури та відпочинку «Дубовий Гай» (ділянка №1)



А.2 – парк Перемоги (ділянка №2)



А.3 – Вознесенівський парк (ділянка №3)



А.4 – Парк Поколінь (ділянка №4)



А.5 – Парк Героїв Національної гвардії України

Додаток Б

Стійкі види до атмосферного забруднення



Б.1 – *Xanthoria parietina (*L.) Beltr., 1858



Б.2 – *Phaeophyscia orbicularis (*Neck.*)* Moberg

Середньо чутливі види



Б.3 – *Parmelia sulcata* Taylor



Б.4 – *Parmelina tiliacea* (Hoffm.) Hale



Б.5 – *Hypogymnia physodes* (L.) Nyl. та *Physcia tenella* (Scop.) DC

Чутливі



Б.6 – *Evernia prunastri* (L.) Ach