ЗАПОРІЗЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
БІОЛОГІЧНИЙ ФАКУЛЬТЕТ

Кафедра загальної та прикладної екології і зоології

Кваліфікаційна робота

магістра

на тему ЛІХЕНОІНДИКАЦІЙНА ОЦІНКА ЯКОСТІ ПОВІТРЯ ПАРКОВИХ ЗОН М. ЗАПОРІЖЖЯ.
LICHEN-INDICATIVE ASSESSMENT OF AIR QUALITY IN PARK AREAS OF ZAPORIZHZHIA CITY.

.

Виконав: студент 1 курсу, групи 8.1013
спеціальності 101 Екологія
освітньо-професійної програми Екологія та охорона навколишнього середовища і збалансоване природокористування

Радюк А.Ю.

Керівник доцент, доцент, к.б.н. Домбровський К.О.

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

Запоріжжя – 2024

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
«31» _січня_ __2023_року

ЗАВДАННЯ
НА КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ СТУДЕНТОВІ
Радюк Артем Юрійович
(прізвище, ім'я, по-батькові)

1.Тема роботи Ліхеноіндикаційна оцінка якості повітря паркових зон м. Запоріжжя
керівник роботи Домбровський Костянтин Олегович, к.б.н., доцент
(прізвище, ім'я, по батькові, науковий ступінь, вчене звання)
затверджена наказом ЗНУ від «23» березня 2023 р. № 526-с
2.Строк подання студентом роботи 30 листопала 2024 року
3.Вихідні дані до роботи: матеріали експериментальних досліджень; особисті спостереження; літературні посилання на авторів .
4.Зміст розрахунково-пояснювальної записки (перелік питань, які потрібно розробити:

1) визначити особливості поширення лишайників в сильно забруднених та умовно чистих районах міста Запоріжжя;

2) встановити ступінь забруднення атмосферного повітря міста використовуючи показник відносної чистоти атмосфери Q та класичний індекс чистоти повітря (ІЧП).

3) з'ясувати який з цих показників (індексів) краще використовувати в ліхеноіндикаційних дослідженнях м. Запоріжжя.

5.Перелік графічного матеріалу (з точним зазначенням обов'язкових креслень)
1 рисунок, 7 таблиць.

Розділ	Прізвище, ім’я, по-батькові та посада консультанта	Підпис, дата	
		завдання видав	завдання прийняв
4	Притула Н.М., доцент, к.с.г.н.		

6. Дата видачі завдання 31 березня 2023 року.

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ з/п	Назва етапів кваліфікаційної роботи	Строк виконання етапів роботи	Примітки
1.	Огляд літературних джерел. Написання відповідного розділу роботи.	березень-травень 2023р.	Виконано
2.	Вивчення, засвоєння методик дослідження. Написання відповідного розділу роботи.	травень-червень 2024р.	Виконано
3.	Засвоєння правил техніки безпеки під час виконання експериментальної частини. Написання відповідного розділу роботи.	серпень 2023р.	Виконано
4.	Проведення експериментальних досліджень. Оформлення результатів експерименту (таблиці, рисунки). Написання відповідного розділу роботи.	вересень 2023 - вересень 2024р.	Виконано
5.	Оформлення кваліфікаційної роботи. Передзахист роботи.	жовтень 2024р.	Виконано
6.	Рецензування кваліфікаційної роботи	грудень 2024р.	Виконано
7.	Захист кваліфікаційної роботи	грудень 2024р.	Виконано

Студент _____ А.О. Радюк

Керівник роботи _____ К.О. Домбровський

Нормоконтроль пройдено

Нормоконтролер _____ Н.М. Притула

РЕФЕРАТ

У роботі 65 сторінок, 7 таблиць, 1 рисунок, використано 51 літературних джерел, з них 11 іноземною мовою.

Об’єктом дослідження є: паркові зони міста Запоріжжя.

Предметом дослідження є лишайникові угрупування парків міста Запоріжжя як біоіндикатори якості повітря.

Методом дослідження є аналіз – це метод пізнання, змістом якого є розчленування предмета дослідження на складові частини з метою їх детального і всебічного вивчення. І опис – це фіксація певними засобами суттєвих ознак об’єкта дослідження або результатів спостереження, вимірювання, порівняння, експерименту.

Метою кваліфікаційної робити є визначити рівень забруднення атмосферного повітря паркових зон та деяких автотранспортних ділянок м. Запоріжжя за допомогою ліхеноіндикації.

Теоретично та експериментально визначено видовий склад біомів лишайників у паркових зонах м. Запоріжжя, визначили особливості поширення лишайників в сильно забруднених та умовно чистих районах міста Запоріжжя; встановили ізотоксичні ліхеноіндикаційні зони міста Запоріжжя за допомогою використання модифікованого індексу чистоти повітря.

ЛИШАЙНИКИ, ЛІХЕНОІНДИКАЦІЯ, БІОІНДИКАЦІЯ, ЗАБРУДНЕННЯ АТМОСФЕРИ, ВИКИДИ, БІОМОНІТОРИНГ.

ABSTRACT

The paper consists of 65 pages, 7 tables, 1 figure, 51 literature sources are used, including 11in a foreign language. The object of research is: park areas of Zaporizhzhia city. The subject of the study is lichen communities of Zaporizhzhia city parks as bioindicators of air quality. The research method is analysis – a method of cognition, the content of which is the dissection of the subject of research into its component parts for the purpose of their detailed and comprehensive study. And description is the recording by certain means of the essential features of the research object or the results of observation, measurement, comparison, experimentation.

The purpose of the qualification study is to determine the level of air pollution in park areas and some of Zaporizhzhia by means of lichen indication.

The species composition of lichen biomes in park areas of Zaporizhzhia was determined theoretically and experimentally,the features of lichen distribution in highly polluted and conditionally clean areas of Zaporizhzhia; establishing isotoxic lichen-indicating zones of the city of Zaporizhzhia byusing a modified air purity index.

LICHENS, LICHEN INDICATION, BIOINDICATION, AIR POLLUTION, EMISSIONS, BIOMONITORING.

ВСТУП……. 7
1 ОГЛЯД НАУКОВОЇ ЛІТЕРАТУРИ…….. 9
1.1 Використання лишайників в екологічному моніторингу……. 9
1.1.1 Фізіологія лишайників…….. 9
1.1.2 Пасивний моніторинг……
1.1.3 Активниймоніторинг…….
1.2 Вплив на видовий склад та різноманітність лишайників у місті……... 18
1.3 Глобальна екологічна свідомість……. 21
1.4 Особливості лишайників…….. 25
2 МАТЕРІАЛИ ТА МЕТОДИ ДОСЛІДЖЕННЯ…….. 30
2.1 Методи ліхеноіндикації стану атмосферного повітря……... 30
3 ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНА ЧАСТИНА…… 36
3.1 Видовий склад лишайників та оцінка стану забруднення атмосферного повітря паркових зон та автотранспортних ділянок міста Запоріжжя……. 36
4 ОХОРОНА ПРАЦІ ТА БЕЗПЕКА В НАДЗВИЧАЙНИХ СИТУАЦІЯХ……... 45
ВИСНОВКИ……. 49
ПРАКТИЧНІ РЕКОМЕНДАЦІЇ……. 50
ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ……... 51
ДОДАТКИ……..... 56

ВСТУП

*Актуальність теми***.** Забруднення повітря є однією з основних екологічних проблем сучасності, що негативно позначається на здоров'ї населення та загальному стані навколишнього середовища. У зв'язку з інтенсивним розвитком промисловості, автомобільного транспорту та урбанізації, якісні характеристики атмосферного повітря стали предметом особливої уваги [1].

Запоріжжя, як великий індустріальний центр, стикається з проблемою забруднення повітря, що негативно впливає на здоров'я населення. Оцінка якості повітря в паркових зонах є важливою для розуміння впливу антропогенної діяльності, так як вони виконують функції не лише відновлення природного середовища, але й забезпечення якісного мікроклімату для мешканців міста. Вони є важливими осередками біорізноманіття [2].

Використання ліхеніндикації дозволяє отримати об'єктивні й надійні дані про якість повітря. Лишайники, завдяки своїй чутливості до забруднень, є корисними біоіндикаторами, які можуть вказати на рівень забруднення важкими металами, сірчаними сполуками та іншими забруднювачами.

Результати дослідження можуть бути використані для розробки рекомендацій щодо покращення якості повітря в паркових зонах, що сприятиме підвищенню якості життя населення та збереженню екологічної рівноваги.

В умовах глобальних екологічних викликів, таких як зміна клімату, війна і забруднення, дослідження, що сприяють підвищенню рівня екологічної свідомості населення, набувають особливого значення, оскільки можуть вплинути на формування екологічної політики [3].

Метою кваліфікаційної робити є визначити рівень забруднення атмосферного повітря паркових зон та деяких автотранспортних ділянок м. Запоріжжя за допомогою ліхеноіндикації.

Для реалізації мети були поставлені наступні завдання:

1) визначити особливості поширення лишайників в сильно забруднених та умовно чистих районах міста Запоріжжя;

2) встановити ступінь забруднення атмосферного повітря міста використовуючи показник відносної чистоти атмосфери Q та класичний індекс чистоти повітря (ІЧП).

3) з’ясувати який з цих показників (індексів) краще використовувати в ліхеноіндикаційних дослідженнях м. Запоріжжя.

Об’єктом дослідження є: паркові зони міста Запоріжжя.

Предметом дослідження є лишайникові угрупування парків міста Запоріжжя як біоіндикатори якості повітря.

Методом дослідження є аналіз – це метод пізнання, змістом якого є розчленування предмета дослідження на складові частини з метою їх детального і всебічного вивчення. І опис – це фіксація певними засобами суттєвих ознак об’єкта дослідження або результатів спостереження, вимірювання, порівняння, експерименту [4].

За матеріалами дослідження опубліковано 1 друковану працю: Радюк А., Домбровський К.О. Ліхеноіндикаційна оцінка якості повітря паркових зон м. Запоріжжя.. *«Молода наука-2024»* : збірник наукових праць студентів, аспірантів, докторантів і молодих вчених (Запоріжжя, 2024 р.). Запоріжжя : ЗНУ, 2024. Т. 3. С. .

1 ОГЛЯД НАУКОВОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1.1 Використання лишайників в екологічному моніторингу

Морфологія таломів поділяє лишайники на три великі основні групи, які мають назви :накипні, листуваті та кущисті. Листяні та кіркові(накипні) лишайники частіше зустрічаються на стовбурах дерев, оскільки вони більш стійкі до атмосферних забруднювачів, ці лишайники дуже витривалі, тому вони витримують навіть токсичні концентрації забруднюючих речовин. Їх також можна класифікувати відповідно до способу організації таломів на гомомери, коли таломи утворюються з переплетення гіф водоростей і грибів, і гетеромери, коли таломи мають складнішу структуру і можуть мати верхню та нижню кори головного мозку, а також гонідіальний і медулярний шар/ Якщо якість повітря не є нормальною або перевищує ГДК, вплив може бути безпосередньо пов'язаний з забруднювачами атмосфери. Характеристики забрудненого повітря пов'язані з морфологічними ефектами через поступову втрату фітобіонтної складової, тому різноманіття лишайників є суб'єктивним, змінюється в залежності від середовища до середовища і зазнає впливу від забруднення повітря, переважно впливаючи на найбільш чутливі види. Накопичення металів заважає зростанню популяції та видів лишайників, його форма також відрізняється, коли пов'язана з розташуванням різних районів у межах міста. Здійснювати моніторинг якості атмосферного повітря необхідно в основному у великих міських центрах, що має надзвичайне значення в наш час, оскільки забруднюючі речовини, розпорошені гірничими виробками та інтенсивним автомобільним рухом, впливають на розвиток лишайників. Однак важливо відзначити, що якість повітря не пов'язана з високою присутністю цих організмів в певному місці. Хоча автоматичні станції ефективні, це не дозволяє оцінити вплив забруднення на організми та людей. Лишайники також виявляють забруднюючи речовини в закритих місцях , таких як будинки , квартири , в середині автомобілів [5].

Протягом останніх десятиліть багато досліджень наголошували на можливості використання лишайників як біоіндикаторів якості повітря з огляду на їхню чутливість до різноманітних факторів навколишнього середовища, які можуть спровокувати зміни деяких їх компонентів та специфічних параметрів. Насправді багато фізіологічних параметрів використовуються для оцінки екологічної шкоди лишайникам, таких як: фотосинтез ; вміст і деградація хлорофілу; зниження АТФ; коливання рівнів дихання; зміни рівня ендогенних ауксинів; і виробництво етилену. Крім того, вплив SO2 в лабораторії викликає значне пошкодження мембрани клітин лишайників . Багато досліджень показують позитивну кореляцію між вмістом сірки в лишайниках і SO2, присутнім в атмосфері [6].

Різні автори повідомляють, що концентрація хлорофілу змінюється через транспортне забруднення , а також міськими викидами . Загалом лишайники, які пересаджують у райони з інтенсивним транспортним рухом, демонструють збільшення концентрації хлорофілу, пропорційне збільшенню викидів. Такі наслідки, як правило, викликані викидами транспорту і, зокрема, оксиди сірки та азоту. У районах з інтенсивним транспортним рухом і підвищеним рівнем промислового забруднення отримані високі значення.

Повітряний рух, і зокрема вплив газу та бензолу, здається, має менший вплив на популяцію лишайників, ніж рух транспортних засобів. Це було продемонстровано в дослідженні аеропорту Гамбурга.

Лишайники можна використовувати як біоіндикатори та/або біомонітори двома різними способами:

1. шляхом картографування всіх видів, присутніх у певній місцевості;
2. шляхом відбору індивідуальних проб видів лишайників та вимірювання забруднюючих речовин, які накопичуються в талломах; або шляхом пересадки лишайників із незабрудненої території до забрудненої, потім вимірювання морфологічних змін у талломах лишайників, оцінка фізіологічних параметрів та оцінка біоакумуляції забруднюючих речовин [7].

Лишайники мають повільний метаболізм і повільний ріст, і на них впливають різноманітні фактори навколишнього середовища, особливо ґрунт, якість повітря та умови освітлення, які можуть обмежувати їх поширення.

Лишайники можуть виступати також як біоіндикаторами якості ґрунту так як гірські породи є місцями накопичення важких металів, тому використання лишайників як індикаторів якості ґрунту може бути ефективною та економічною альтернативою для моніторингу забруднення ґрунту ландшафт і вплив антропогенного відкладення азоту (N) і сірки (S), які в свою чергу мають вкрай негативний ефект для живих та неживих організмів. Важкі метали викликають зміни та пошкодження на рівні клітинної мемебрани , для цього й використовуються лишайники у ролі індикаторів для попереднього виявлення високих рівнів концентрації металів, які осідають в ґрунті. Майже несприйнятливі до важких металів вважаються лишайники роду *Cladonia*, які можуть проживати в найзабрудненіших місцях з в край порушеної екосистемою. Серед цього роду можна виділити 3 найбільш використовувані види які використовуються під час моніторингу та оцінки якості ґрунту: *Cladonia cariosa, Cladonia pyxidata* та *Cladonia rei*. З роками лишайники накопичують в організмі частину елементів, які й доводять підвищене осадження важких металів, таких як: хром, залізо та нікель, до цього ще й зменшення їх різноманітності. Проте транспортний рух, промислова та гірничодобувна діяльність викидають забруднення з концентрацією металів, тому накопичення цих металів значною мірою залежить від регіону та типу аналізованого металу, оскільки різноманіття є суб’єктивним і залежить від його чутливості до виявлених металів. Лишайники чутливі до рівнів впливу азоту, коли спостерігається низький або високий рівень забруднення. Враховуючи концентрацію навантаження цього елемента, вплив забруднювача є шкідливим і впливає на розвиток і ріст лишайників усіх чутливих видів [8].

Епіфітний лишайник *Xanthoria parietina* є одним із тих, що використовуються для моніторингу накопичення азоту, особливо в районах, сильно забруднених аміаком. Коли концентрація аміаку в повітрі висока,

лишайники досягають максимальної концентрації азоту протягом місяця після впливу. Однак, коли концентрація аміаку низька, потрібно кілька місяців, щоб досягти значного поглинання. Таким чином, важливо підкреслити, що якщо цей тип біоіндикатора буде використовуватися в майбутньому для моніторингу азоту, більш стандартизована процедура трансплантації буде обов'язковою, на додаток до необхідності вивчення вимірювань варіацій його поглинання через генетичні варіації. які має кожен зразок [9].

Лишайники можуть ідентифікувати або кількісно оцінювати біологічні ефекти, спричинені забрудненням повітря на звалищах, забруднених територіях , полігони твердих побутових відходів, таким чином відображаючи реальну ситуацію щодо якості навколишнього середовища цих об'єктів, оскільки вони містять високий рівень важких металів та інших забруднюючих речовин, які знаходяться в атмосфері. Але якщо в районі, що оточує це середовище, немає великого накопичення важких металів завислих шкідливих речовин і є належне управління відходами та якістю навколишнього середовища. Моніторинг навколишнього середовища через лишайники є способом поглинання необхідної інформації щодо оцінки впливу на навколишнє середовище. Різноманітність та видовий склад лишайників залежить від декількох факторів, таких як швидкої урбанізації: тобто якщо відбувається збільшення кількості мешканців, кількості транспортних засобів, що циркулюють вулицями, збільшення викидів промислових гігантів або ж будівництво додаткових промисловостей, а також зміни у використанні та охороні земель, відображають зміни в різноманітності, функціях і багатстві видів лишайників. Стратегічне управління необхідне для досягнення максимальної варіації всередині самих змінних навколишнього середовища, таким чином досягаючи прогресу в різноманітності лишайників, що залежить від підтримки та збереження лісів, оскільки відсутність лишайників пов'язана з різними екологічні фактори. Різноманітність лишайників та їх видів може продемонструвати важливість підтримки та впровадження міських зелених зон з місцевою рослинністю, більш розвинену садово-паркову ситуацію в середині міста, яка забезпечує різні

середовища існування для підтримки всієї біоти та збалансованого природокористування на теренах міста для підтримки живих організмів які зазнали деградації із–за антропогенної діяльності, яка призводить до знищення біорізноманіття. Ця різноманітність також може бути пов'язана з відносними фітосанітарними факторами, а також піддаватися впливу пестицидів, які змінюють склад і різноманітність лишайників [10].

Щоб відбулося відновлення та збереження угруповань лишайників, необхідно зменшити викиди забруднюючих речовин в атмосферу, зберегти наявність насаджень дерев відповідних площ і відновлення більш стабільних угруповань лишайників та їх мікробіотопів. Те, що може бути пов’язане зі зменшенням різноманітності, видового складу та кількості лишайників, – це зменшення скупчень дерев в одному місці, що робить обмежену екосистему для нормального розвитку лишайників. Однак варіацію лишайників можна пояснити змінними навколишнього середовища, оскільки структурна складність формується середовищем, яке має важливе значення для чисельності лишайників. Вони можуть адаптуватися до змін навколишнього середовища, які відбуваються з часом, таких як збільшення атмосферного вуглекислого газу, використовуються як біоіндикатори для виявлення цих змін і концентрацій у природному середовищі [11].

Лишайники є придатною та дешевою методологією, а також є ефективними біологічними моніторами радіоактивності навколишнього середовища Вони важливі для моніторингу різних екосистем і середовищ, навіть у місцях, забруднених радіацією, як у випадку з Фукусімою(радіаційна аварія). У радіаційних місцях більшість видів лишайників розвиваються переважно на деревах, без контакту з поверхнею землі, навіть при цьому демонструючи значне зменшення радіаційного фону. У випадку Чорнобиля біонакопичення в лишайниках через тридцять років після аварії помітно нижче, ніж 1986 році, але в деяких видах лишайників навіть вище, ніж до аварії. Моніторинг зони аварії здійснюється за допомогою лишайників, включаючи його як біоіндикатор умов цієї катастрофи. Якщо говорити про збіднений уран,

то вимірювання альфа-спектрометрії, незважаючи на масштабність, виявляються необхідними для отримання більш надійних вимірювань збідненого урану в пробах навколишнього середовища. Використана техніка демонструє нижчий рівень виявлення, однак, порівняно з іншими дослідженнями, можна зробити висновок, що біологічні зразки з використанням лишайників виявилися хорошими біоіндикаторами для виявлення збідненого урану в повітрі. Крім того, існують лишайники кущистого типу, які можуть дозволити реєструвати забруднення з вулканічних джерел, показуючи на графіках концентрацію ртуті (Hg) [12].

1.1.1 Фізіологія лишайників

Як внаслідок фізіологічних процесів, гриби, як і будь-які інші організми, виробляють первинні та вторинні метаболіти. Залежно від їх походження ці метаболіти є внутрішньо- або позаклітинними. Оскільки це талом, що складається з грибів і водоростей, багато з цих метаболітів досі не повністю визначені, після чого складне дослідження , яке вони створили у виробництві цих речовин. Деякі метаболіти лишайників також можна знайти у грибах, вільноживучих водоростях і навіть у вищих рослинах. Клітини водоростей і гіфи грибів виробляють внутрішньоклітинні метаболіти (вуглеводи, каротиноїди, амінокислоти та вітаміни), а речовини, що виділяються ними, локально позаклітинні метаболіти, які фактично зберігаються в медулярному або гонідіальному шарах обох поверхонь [13].

Серед метаболітів, присутніх у лишайниках, деякі мають велике систематичне значення, наприклад лишайникові кислоти (уснінова, леканорова, пульвінова кислоти тощо), оскільки вони можуть використовувати хімічні процеси, які демонструють різні результати залежно від наявності чи використання певних кислот, що полегшує процес ідентифікації різних види

лишайників, наприклад тести «С» (вплив гіпохлориту натрію) і тест «К» (вплив гідроксиду калію) Аналіз речовин, накопичених у тканинах лишайників, дозволяє встановити рівень накопичення та поглинання різних речовин, присутніх у повітрі та які можуть оцінюватися забруднювачами, відповідно до їхнього рівня в навколишньому середовищі. У цьому аспекті процесу фізіології стебел лишайників важливе значення для розуміння процесів, за допомогою яких ці елементи будуються в стебла [14].

Певні елементи в лишайнику можна знайти в різних місцях талому, на його поверхні або прикріплені до клітинних мембран або білків. Накопичення цих елементів у стеблах лишайників відбувається ефективними способами. Це може бути осадження на поверхні кори головного мозку, накопичення між гіфами грибів, пасивний транспорт, який відбувається в результаті зміни осмотичного та електричного потенціалу або активні процеси, коли зв'язування відбувається в мембранах. Солі постійно розвиваються у складі кристалів або оксалатів після елементів мінералізації , коли елементи накопичуються шляхом простого відкладання в таломах лишайників, чи то в корі головного мозку, чи то в міжклітинних просторах [15].

1.1.2 Пасивний моніторинг

Пасивний моніторинг з використанням лишайників як біоіндикаторів в якому вивчається місцеве різноманіття певної території і шляхом порівняння встановлюються співвідношення, у яких певні території вважаються більш чи менш забрудненими залежно від порівняного в них забруднень чи напроти більш чистого повітря. Цей метод широко використовується в європейських країнах, таких як Німеччина, Італія, і регулюється як постійний захід для моніторингу якості повітря. Також у Бразилії дослідження забруднення атмосфери та якості навколишнього середовища на основі різноманітності

лишайників тобто індикації почалися, у 1980–х роках, коли з’явилися перші роботи, пов’язані з цією темою, деякі вчені помітили відмінності ,що в одних регіонах вони(лишайники) мали меншу різноманітність, на відміну від іншого міста в якому їх було значно більше.

З тих пір було розроблено кілька робіт з використанням пасивного моніторингу, заснованого на різноманітності лишайників, демонструючи, що це кількість лишайників обернено пропорційне рівню забруднюючих речовин, присутніх в атмосфері. Було зазначено, що різноманітність лишайників поступово зменшилася в районах, де спостерігалося збільшення забруднення атмосфери, причому ця кількість була значно нижчою в промислових зонах порівняно з дослідженням, проведеним в екологічному заповіднику. Враховуючи все вищезазначене), різноманітність лишайників представляє себе як надзвичайно життєздатний варіант для моніторингу забруднення атмосфери, являючись важливим додатковим інструментом до фізико-хімічних методів досліджень, пов’язаних із різними типами забруднення [16, 17, 18].

1.1.3 Активний моніторинг

Оцінивши концентрацію декількох іонів металів у різних видах лишайників, підтвердивши, що види родів *Parmotrema* та *Usnea* показали чутливість до шести досліджуваних іонів металів, якими є кобальт (Co) , мідь (Cu), хром (Cr), марганець (Mn), цинк (Zn) і залізо (Fe). Використовуючи лишайники виду Canoparmelia texana, можна кількісно визначити концентрації ізотопів урану (U) і торію (Th), порівнюючи концентрації, отримані в стеблах лишайників, зібраних у районах, які вважаються незабрудненими і порівнявши з тими, які зібрані в районах який підозрюють у цьому забруднені. Використовуючи лишайники роду *Usnea*, зробили просторову та сезонну зміну вмісту сірки в атмосфері міста Санта-Марія, дійшовши висновку, що цей рід є

хорошим біомонітором для діоксиду сірки в міському середовищі. Таким чином, на основі цих досліджень можна зробити висновок, що лишайники можна зручно використовувати для моніторингу забруднення повітря за допомогою методу трансплантації, також відомого як активний моніторинг. Використовуючи вид *P. tinctorum*, дослідники з Фонду зооботаніки Ріо-Гранді-ду-Сул довели за допомогу спостережень що цей вид є стійким до атмосферного забруднення. Мартінс-Мазітеллі, спостерігаючи за викидами діоксиду сірки в районах поблизу нафтопереробних заводів, зазначив, що *P. tinctorum* більш задовільно реагував на аналіз елементів, поглинених у повітрі, зазнаючи менше гострих наслідків від пересадки з однієї області в іншу, тоді як види *Teloschistes exilis* і *Usnea subcomosa* показали сильну чутливість і сильніше постраждали від впливу забруднення повітря, що ускладнювало статистичну оцінку їхніх даних [19].

1.2 Вплив на видовий склад і різноманітність лишайників у місті

Урбанізація та міграція людей із сільської місцевості до міст почалася в 1950-х роках і триває до цих пір і буде продовжуватися , так як зараз більше 65% населення землі проживає на території міста , менша ж її частина проживає поза містом. Це масове і часто нерегульоване явище кардинально змінило екологічні умови колишніх сільських і природних територій, спричинивши повітряне та акустичне забруднення, втрату біорізноманіття та зміну клімату, згубно впливаючи на функціонування екосистем і здоров'я людей. Тепло, вироблене людською діяльністю, накопичується на додаток до сонячного випромінювання і повторно випромінюється у вигляді тепла від будівель і доріг. До цього додається локальний парниковий ефект забруднюючих речовин, що спричиняє зміни клімату в містах, відомі як ефект міського теплового острова (МТО). Цей ефект характеризується вищими

температурами, нижчою вологістю, зміною місцевих вітрових режимів і зміною характеру опадів у порівнянні з приміськими та сільськими районами. Інтенсивність хвиль тепла змінюється залежно від місця розташування та характеристик міста, але, як правило, сильніша вночі та рано вранці, і менш інтенсивна вдень. Вона негативно корелює зі швидкістю вітру та хмарністю і позитивно корелює з чисельністю міського населення; МТО має більше значення у великих містах, де вона з більшою ймовірністю пов'язана з вищою швидкістю вітру та хмарністю, і з меншою ймовірністю – з більшою чисельністю міського населення [20, 21].

Через велику кількість факторів, що впливають на МТО, прості методи для розуміння, кількісної оцінки та пропонування стратегій пом'якшення наслідків МТО є рідко доступними, але вкрай необхідними Вплив МТО на біорізноманіття та функціонування міських екосистем визнається дедалі ширше. Тому біорізноманіття можна використовувати як індикатор впливу МТО на міські екосистеми. Лишайники є одними з найбільш чутливих компонентів екосистем до змін у навколишньому середовищі, що призводять до зміни кількості видів та складу угруповань. Нещодавно різноманіття лишайників почали використовувати для моніторингу наслідків забруднення повітря в містах. Зокрема, було показано, що функціональні групи лишайників пов'язані з екологічними змінними, наприклад, нітрофіти – з концентрацією атмосферного (NH_3), мікролишайники – зі структурою лісостанів, а фотобіотипи – з потенційною сонячною радіацією. У минулому лишайники використовували для моніторингу впливу (SO_2) в атмосфері. Це пов'язано з тим, що (SO2) протягом десятиліть був основним фітотоксичним газом, присутнім у міських та промислових районах; оскільки викиди (SO_2) зменшилися, основними забруднювачами, що впливають на лишайники в Європі та Північній Америці, стали (NO_x) та (NH_3). Вчений Джордані виявив, що екологічні градієнти особливо важливі для різноманітності лишайників Середземноморського регіону, але їх важливість часто маскується впливом антропогенних факторів, таких як забруднення повітря. Це означає, що за

відсутності основних лімітуючих факторів, таких як високий рівень забруднення, інші причини можуть бути більш важливими. Існує гіпотеза, що, на відміну від сільської місцевості, на міську лишайникову фауну більше впливають низька вологість, високі температури та сухість міського середовища, ніж високий рівень забруднення. Ця гіпотеза широко обговорювалася, і останні дослідження підтвердили її існування, але лише частково. Це пов'язано з тим, що на трансплантатах лишайників *Flavopalmeria capellata* (L.) *Hale* було виявлено, що доступність вологи змінює стійкість до фотоокислювальних забруднювачів і що режим вологозабезпечення змінює стійкість лишайників до забруднення, і що це є однією з причин забарвлення лишайників. Це тому, що. Відповідно, двоє канадських вчених, які вивчали міські мікроскам’янілості та їхній покрив, дійшли висновку, що лишайниковий покрив чутливий до забруднення від автотранспорту, а видове різноманіття більш чутливе до вологи та джерел колонієутворення, ніж до забруднення повітря. Епіфітні лишайники особливо чутливі до змін клімату, оскільки саме ці фактори мають найбільший вплив на лишайники [22].

Фізіологія пенья така ж біологічна, як і субстрат, до якого вони належать, включаючи pH, текстуру та фізіономію. Втручання людини змінює мікроклімат і ґрунтові умови, впливаючи на ріст і поширення лишайників. З цієї причини лишайники використовуються як біоіндикатори. Щоб краще зрозуміти реакцію угруповань на різні антропогенні або природні впливи, необхідно дивитися не тільки на таксономічне різноманіття, а й на зміни функціональних ознак і функціональну різноманітність угруповання. Це пов'язано з тим, що в угрупованнях існують правила співжиття, які можна зрозуміти, лише розглядаючи різні компоненти угруповання (таксономічне різноманіття, функціональне різноманіття та філогенетичне різноманіття). Крім того, було виявлено, що градієнти середовища діють як фільтр для функціональних ознак рослин, демонструючи існування правил угруповання. Нещодавно повідомлялося, що функціональні ознаки та функціональне різноманіття реагують на зміни навколишнього середовища інакше, ніж таксономічне та

філогенетичне різноманіття. Про ці закономірності для лишайників відомо небагато, але деякі дослідження пов'язують функціональні ознаки лишайників, такі як тип фотобіонта і морфологія талому, зі структурними змінами лісу та змінами клімату. Нещодавні дослідження показали, що ці ознаки можуть виступати індикаторами зв'язності екосистем, антропогенного впливу та забруднення повітря, а не видового різноманіття. Лишайники мають одні з найскромніших і найменш вибагливих потреб у поживних речовинах. Вони можуть рости в місцях, де вода надходить лише на короткий час щодня або лише протягом короткого періоду року. Завдяки своїй особливій екології вони зустрічаються в більшості екосистем на Землі.

Лишайники особливо вправні в накопиченні поживних речовин з атмосфери і настільки ефективні в цьому відношенні, що вони схильні накопичувати забруднювачі повітря [23].

1.3 Глобальна екологічна свідомість.

Навколишнє середовище, як правило, вважається фундаментальним правом, гарантованим Великою хартією прав людини 1988 року, і тому має унікальне значення, а держава зобов'язана гарантувати громадянам доступ до екологічно збалансованого довкілля. Дискусії про екологічні проблеми по-справжньому почали процвітати лише з публікацією книги Рейчел Карсон «Безмовна весна» у 1962 році. Книга повністю заснована на фактах і детально описує негативні наслідки зловживання хлорорганічними пестицидами на навколишнє середовище. Публікація книги призвела до широкого обговорення екологічних проблем і зародження кількох екологічних рухів. Римський клуб був заснований у квітні 1968 року і складався з 30 осіб, які займалися екологічними проблемами. Серед них були науковці, освітяни, економісти, гуманітарії, промисловці та урядовці з Європи, Азії, Північної та Південної

Америки. Метою клубу був аналіз меж економічного зростання, беручи до уваги наслідки збільшення використання природних ресурсів, і виступав за те, щоб розвинені країни сповільнили промисловий розвиток і допомагали розвиватися слаборозвиненим країнам, а слаборозвинені країни сповільнили зростання населення. 1972 року Конференція ООН з навколишнього середовища стала каталізатором зростаючого інтересу до навколишнього середовища. Першою реакцією ООН після Стокгольмської конференції, підтриманою прихильниками екорозвитку, було не лише відстоювання необхідності економічного зростання в бідних країнах, але й визнання бідності однією з головних причин екологічних проблем в цих країнах. На початку наступного десятиліття, у 1980-х роках, під керівництвом Програми ООН з навколишнього середовища була проведена Найробійська конференція, на якій була створена Всесвітня комісія з навколишнього середовища і розвитку. Кульмінацією роботи Комісії стала публікація в 1987 році документа «Наше спільне майбутнє», відомого як Доповідь Брундтланд, в якому було дано таке визначення сталого розвитку: «У Доповіді Брундтланд підкреслювалося, що охорона навколишнього середовища, економічне зростання і соціальна справедливість є фундаментальними для сталого розвитку. Після публікації доповіді Брундтланд у 1992 році в Ріо-де-Жанейро, Бразилія, відбулася конференція, в якій взяли участь 102 глави держав зі 176 країн світу. Вони одностайно схвалили Ріо-де-Жанейрську декларацію з навколишнього середовища і розвитку, Декларацію принципів щодо лісів і Порядок денний на XXI століття, визначену Міністерством охорони навколишнього середовища як інструмент планування для побудови сталого суспільства, що поєднує захист навколишнього середовища, соціальну справедливість і економічну ефективність. Крім того, обговорювалася Конвенція про зміну клімату та різноманіття, а в 1993 році була розроблена програма, в якій викладені широкі вимоги щодо вдосконалення екологічної політики. Ці зустрічі розширили дискусію про сталий розвиток. Виміри сталого розвитку були вперше популяризовані Елкінгтоном (1994, 2004). Автор використовує термін

«потрійний підсумок», який включає економічні, екологічні та соціальні результати. Ідея полягає в тому, що сталого розвитку неможливо досягти без подолання фундаментальних конфліктів, таких як соціальна нерівність, надмірне споживання природних ресурсів і підпорядкування економічних результатів соціальним та екологічним вигодам [24].

На рисунку 1.1 показано, що екологічна сталість(планета) розглядається як дематеріалізація економічної діяльності. Економічна сталість (прибуток) – це збереження природного капіталу, необхідна умова для уникнення економічного занепаду. А соціальна стійкість (люди) пов'язана з соціальною рівністю.

Важливість довкілля потрібно розглядати не лише з точки зору економічних концепцій, але з точки зору екологічних та інших суміжних концепцій.

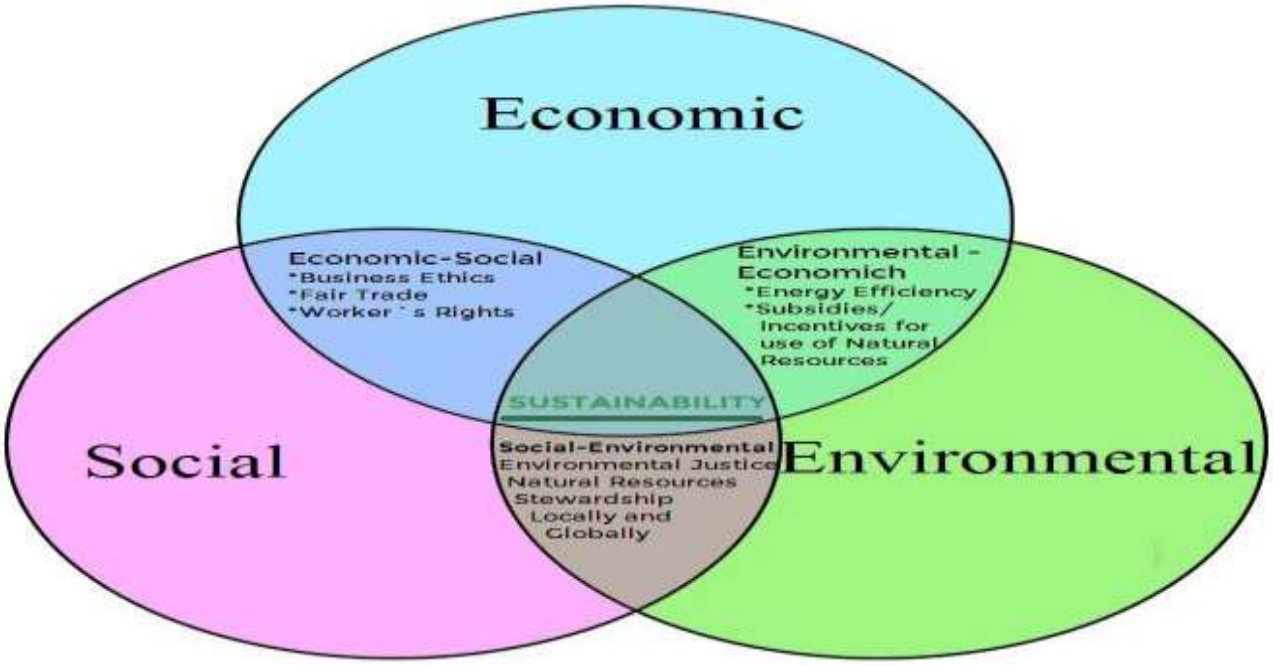


Рисунок 1.1 – Потрійний підсумок

У класичній економіці навколишнє середовище не включалося в розрахунки, розглядалися лише економічні та монетарні аспекти, з короткостроковою утилітарною перспективою, яка не включала соціальні та екологічні фактори. 16 лютого 2005 року Кіотський протокол набув чинності.

Протокол спрямований на обмеження викидів вуглекислого газу (CO2) в атмосферу, який є найбільш широко використовуваним відходом виробництва, що викидається в атмосферу, і концентрація якого зростає в геометричній прогресії, посилюючи так званий парниковий ефект, що спричиняє глобальне потепління. Конференція ООН з навколишнього середовища і розвитку була скликана для обговорення порядку денного сталого розвитку на найближчі десятиліття і відновлення політичної прихильності до сталого розвитку. З цією метою конференція мала дві основні теми:

1. Зелена економіка в контексті сталого розвитку та викорінення бідності.

2. Інституційні рамки сталого розвитку [25].

Відсутність ефективної політики планування та розвитку міських територій спричиняє низку проблем для якості довкілля та життя людей. Серед них відсутність збору та очищення стічних вод, що скидаються у водойми, недостатній збір міських відходів, які потрапляють у шкідливі місця, нерегулярне перебування в небезпечних та природоохоронних зонах, підтоплення через високу ґрунтову непроникність та несправність міських дренажних систем, високі викиди забруднюючих газів та високий рівень забруднення, головним чином через великомасштабне промислове виробництво. Екологічна свідомість з'явилася лише після Другої світової війни. Вперше людство усвідомило, що природні ресурси обмежені, і що їхнє нераціональне використання означатиме кінець його існування. Тому поняття якості довкілля завжди пов’язане з якістю життя, незалежно від того, чи живемо ми в місті, чи в сільській місцевості. Це пояснюється тим, що людина нерозривно пов'язана з обома поняттями, і саме людська поведінка обмежує ці результати. Необхідність оцінки якості міського середовища стає все більш важливою і очевидною на тій підставі, що, як правило, саме в міських районах екологічні проблеми є найбільш гострими, наприклад, високий рівень забруднення води, ґрунту або повітря, що має згубний вплив на організми та екосистеми в цілому. Розуміння впливу антропогенного навантаження на

екосистеми є важливим і може допомогти пом’якшити цей вплив у майбутньому [26].

Антропогенна діяльність, така як промисловість, енергетичні процеси, транспортні засоби та пожежі, все більше впливають на викиди шкідливих і токсичних речовин в атмосферу. Серед основних забруднювачів найважливішими є діоксид сірки, оксиди азоту, озон, чадний газ, тверді частинки та органічні сполуки, такі як бензол і поліциклічні ароматичні вуглеводні. З економічної та соціальної точки зору, ці речовини не лише шкодять здоров'ю та якості життя людей, але й призводять до збільшення державних витрат через збільшення кількості звернень до лікарів та госпіталізацій, на додаток до витрат, яких можна було б уникнути завдяки покращенню якості повітря в міських центрах. З екологічної точки зору, було відзначено, що забруднення повітря впливає не лише на видимість, але й на якість матеріалів (корозія), ґрунту та води (кислотні дощі). Ситуація із забрудненням повітря ускладнюється змінами в ландшафті, зокрема перетворенням лісів і природних зелених насаджень на міські території. Ці зміни ще більше посилюють вплив забруднення на здоров'я людей і довкілля та змінюють міський клімат. Протягом останнього століття екологічні катастрофи не припинялися. Навіть у розвинених країнах, де існують засоби більш ефективного контролю за станом довкілля, наслідки забруднення повітря, навіть у концентраціях, які за законом вважаються «безпечними», є суперечливими. Одним із способів оцінки якості повітря на місцевому, регіональному, національному та міжнародному рівнях є оцінка викидів, використання математичного моделювання та вимірювання концентрацій основних забруднювачів у навколишньому середовищі за допомогою фізичних та хімічних методів. Використовуючи ці методи вимірювання, можна перевірити, чи дотримуються стандарти та ліміти концентрацій забруднювачів повітря, встановлені або рекомендовані національними урядами. Однак використання біоіндикаторів також є придатним методом для виявлення забруднювачів повітря для живих організмів. Термін «біоіндикатор»

визначається як група видів або співтовариство організмів, чия чисельність, поширення або присутність вказує на величину екологічного впливу на екосистему шляхом зміни її функцій життєзабезпечення [27, 28].

1.4 Особливості лишайників

Гриби забезпечують фізичний захист і доповнюють водно-мінеральні зв'язки. Вони є частиною надзвичайно різноманітної та складної групи організмів, які населяють широкий спектр субстратів і середовищ, часто там, де інші організми не можуть, від полярних регіонів до пустель і тропічних лісів. Однак лишайники набагато більше залежать від фізичних властивостей кори, ніж від виду дерева. Дерева з корою, що лущиться, є непридатним субстратом для лишайників. Молоді дерева з гладенькою корою підходять для лишайникових угруповань, тоді як старі дерева з твердою корою формують більш різноманітні угруповання, включаючи лишайники, листяні лишайники та накипні лишайники. Загалом лишайники трапляються на найрізноманітніших субстратах, багато з яких не мають специфічних характеристик. Деякі види зустрічаються виключно на корі, інші на листі, треті на лужних або кислих породах, а деякі можуть вимагати або не вимагати фізичних характеристик, таких як шорсткість, пористість, твердість або вплив світла. Тому присутність лишайників у найрізноманітніших біотопах і мікросередовищах залежить від наявності фізичних і кліматичних факторів, які забезпечують умови, необхідні для їхнього існування. Таким чином, кожен регіон може представляти лишайникові угруповання зі своїми унікальними компонентами залежно від умов навколишнього середовища. Дослідження показали, що симбіоз лишайників виник 400-600 мільйонів років тому, що підтверджується знахідками скам'янілостей, які складаються з нитчастих міцеліїв, тісно пов'язаних з ціанобактеріями та водоростями, що збереглися в морських

фосфолітах. Відкриття цих скам'янілостей є переконливим доказом того, що гриби формували симбіотичні партнерства з фотоавтотрофами ще до еволюції судинних рослин. Існує кілька способів з'єднання і різних рівнів близькості між клітинами лишайникових водоростей і міцелієм грибів, в результаті чого утворюється діапазон від найпростіших (неорганізовані агрегати міцелію, що ростуть між колоніями водоростей) до найскладніших (великі і різноманітні вегетативні і репродуктивні структури, плюс різні організації з чітко визначеними функціями), з внутрішньою диференціацією на типи внутрішня диференціація на типи), з широким спектром анатомічних та морфологічних відмінностей [29, 30].

Тип субстрату, на якому ростуть лишайники, може допомогти в їх ідентифікації. Лишайники, що ростуть на стовбурах дерев, визначаються як лишайники, оскільки вони здійснюють епіфітизм – епіфітні відносини, в яких вони прикріплюються до дерева через кору або серцевину. Хоча таломи не характеризують такі таксони, як родини чи порядки, таломи є типовою ознакою кожного виду і широко використовуються в описах та визначниках. Однак є дорослі особини довжиною кілька міліметрів, а є й такі, що перевищують один метр у діаметрі. До інших структур, що перебувають у цих симбіотичних відносинах, належить кора лишайників, яка складається з шару пігментованих, пригнічених клітин і міцелію, іноді вкритого кутикулою. Верхня кора розташована у верхній частині лишайника, а нижня в основі лишайника. Крім того, нижня кора відіграє важливу роль у формуванні ризоїдів – структур, прикріплених до субстрату. Серцевина складається з нещільно переплетених міцеліїв, розташованих паралельно поверхні. Міцелій зазвичай желатиноподібний і має волокнистий або ватоподібний вигляд. Серцевина має більшу здатність зберігати воду, ніж будь-яка інша частина лишайника, а також є місцем зберігання поживних речовин. Важливість лишайників у природі полягає в їхній ролі в окультуренні субстратів, які не заселені організмами. Таким чином, лишайники, як і мохи та ціанобактерії, пристосовують своє середовище існування для того, щоб рослини і тварини могли формувати

усталені угруповання. Загалом, лишайники довго живуть і повільно ростуть. За оцінками, лишайники покривають близько 8% всієї рослинності і є частиною харчового ланцюга хребетних, безхребетних і людини. Існують докази того, що лишайники використовуються як їжа в різних культурах Америки, Європи, Азії та Африки. Протягом століть лишайники вважалися хорошим джерелом їжі, оскільки вони дешеві, легкодоступні і поживні, особливо коли виробляються у великих кількостях. У косметичній промисловості його використовували в одеколонах і парфумах, а в давнину у текстильних барвниках. У народній медицині він показаний при різних недугах, включаючи головний біль, шкірні захворювання та інфекції сечовивідних шляхів, а також використовувався як протизапальний, протигрибковий і антибіотик. Крім того, відомо, що він використовується як інсектицид. Речовини лишайників діють як стебловий захист і вважаються чудовими сонцезахисними засобами, оскільки вони не мають захисного шару, такого як кутикула або серозні оболонки. Поглинання поживних речовин не відбувається через субстрат і використовується лише для фіксації та уловлювання металів, таких як ртуть, безпосередньо з атмосфери. Лишайники фотосинтетично активні і ростуть протягом усього року [31, 32].

Лишайники мають просту будову тіла, що дозволяє їм швидко поглинати гази та компоненти повітря і швидко досягати клітин. Лишайники в основному використовуються в дослідженнях, що стосуються якості повітря. Подвійна природа лишайникових симбіозів та їхня висока чутливість до порушень у навколишньому середовищі означає, що лишайники мають великий потенціал як біоіндикатори. Якщо делікатний баланс між симбіонтами порушується, особина гине. Деякі види лишайників дуже стійкі до екологічних стресів і мають здатність ефективно накопичувати забруднювачі повітря, тоді як інші чутливі до певних забруднювачів, що іноді спричиняють незворотні фізіологічні ушкодження цих видів. Ця особливість дозволяє застосовувати методи біомоніторингу з використанням лишайників, такі як кількісне визначення популяцій лишайників, вивчення морфології талої води, аналіз вмісту важких металів та залишків стічних вод. Лише деякі види здатні

виживати на територіях з відносно високим рівнем забруднення, таких як міські райони, де забруднювач повітря діоксид сірки (SO_2) є наслідком промислового забруднення. Методи визначення впливу забруднення повітря на лишайники були переважно фітосоціологічними, екофізіологічними або за відсутністю видів цих організмів. Використовуючи ці методи, можна пов'язати наявність, кількість і покриття лишайників, а також зовнішні і внутрішні пошкодження зі ступенем забруднення в досліджуваній місцевості. Коли вода насичена, стійкість лишайників до високих температур значно знижується. Хоча існувала гіпотеза, що лишайники здатні переносити нижчі та вищі температури, ніж ті, яким вони піддаються у своєму природному середовищі існування, дослідження показали, що толерантність видів безпосередньо пов'язана з температурними коливаннями, які вони можуть переносити у своєму середовищі існування. Падаюча сонячна радіація також є важливим екологічним фактором для життя автотрофів. Окрім впливу прямої радіації, отримана спектральна енергія впливає на температуру і вологість «середовища проживання». Деякі види лишайників, пристосовані до районів з високою сонячною радіацією, здатні через певний час повністю відновити свою фотосинтетичну активність [33].

2 МАТЕРІАЛИ ТА МЕТОДИ ДОСЛІДЖЕННЯ

2.1 Методи ліхеноіндикації стану атмосферного повітря

Одними з найвідоміших біологічних індикаторів є лишайники, чутливість яких зумовлена їхньою фізіологією та симбіозом. Лишайники були обрані як об'єкти глобального біологічного моніторингу через їхнє всесвітнє поширення, дуже сильну реакцію на зовнішні впливи і той факт, що самі лишайники є менш мінливими, ніж інші організми. Серед екологічних груп лишайників найбільш чутливими є епіфітні лишайники.

Методи визначення лишайників можна розділити на кілька груп:

1) історичний аналіз. якщо лишайникова фауна території добре вивчена, історичні дані можна порівняти з сучасним станом лишайників;

2) градієнтний аналіз: використовується для оцінки впливу джерел забруднення вздовж градієнта відносно фонової території. Хороші результати отримують для точкових джерел забруднення або поодиноких джерел забруднення. Гірші результати отримують у випадку множинних джерел забруднення;

3) картування: поширення лишайників з використанням оцінки видів та різних індикаторів [34].

За допомогою лишайників можна легко створити систему біомоніторингу, тобто систему довготривалого спостереження за змінами ступеня забруднення та стану тест-об'єкта. Для цього вимірюють проектне покриття лишайників за допомогою системи постійних або змінних тестових ділянок і визначають середнє значення проектного покриття на досліджуваній території. Потім через певний проміжок часу проектне покриття вимірюється знову. Використовуючи шкалу чутливості лишайників, можна визначити ступінь забруднення за змінами загального проектного покриття та окремих видів. Тестові ділянки закладаються в ботанічних садах з однорідним складом

рослинності. На постійних ділянках дослідження проводяться протягом декількох років.

Методи дослідження лишайників включають вимірювання видового складу та відносної чисельності лишайників. Це дозволяє скласти карти поширення лишайників. Інший метод передбачає дослідження лишайників, покриву, інших екологічних параметрів та видового різноманіття [35, 36].

Способи пересадки(трансплатаційний).

Для епіфітних лишайників найчастіше використовують метод пересадки. У цьому випадку з дерева, що росте в незабрудненій місцевості, зрізають шматочок кори діаметром кілька сантиметрів і пересаджують на дерево або стовп на досліджуваній ділянці. Одним з перших симптомів ураження лишайників є зменшення товщини талому, а також хлороз через руйнування хлоропластів. Репродуктивні структури лишайників змінюються або перестають розвиватися. Швидкість, з якою гинуть лишайники, може бути використана для визначення ступеня забруднення [37].

Методи трансплантації в основному використовуються для біологічної адаптації.

Метод повторного циклу.

Коли колонія певного виду лишайників досягає певного розміру, центральна частина починає руйнуватися, і молоді колонії починають групуватися в цій центральній частині. Ця форма переходу відома як повторний цикл. Наявність такого типу переходу на незабруднених ділянках вказує на те, що сприйнятливість молодих колоній є відносно високою. Наявність повторних циклів на нещодавно відновлених забруднених територіях свідчить про ефективність заходів екологічного контролю. У методі повторних циклів необхідно відбирати тест-зразки. Серед епіфітних лишайників таким об'єктом є *Parmelia centrifuga*. Метод повторних циклів корисний як біологічний індикатор [38, 39]

Метод квадратної сітки.

Наразі метод використання квадратних сіток зі співвідношенням сторін 1:1 або 1:2 є основним методом, що застосовується для кількісного опису епіфітної лишайникової флори. Такі сітки складаються з прямокутного або квадратного контуру, розділеного на квадрати 1x1 см тонкими дротиками, натягнутими паралельно сторонам контуру. Цей метод є варіантом методу, який широко використовується в геоботаніці, і має ту перевагу, що результати легко прочитуються і є простими. Він є загальноприйнятим у ліхенології. При вимірюванні проективного покриття лишайників зазвичай використовують сітку 10 х 10 см. Це рамка з тонких дротів, нанизаних вертикально і горизонтально через кожні 1 см. Рамку розміщують на верхівці стовбура дерева і закріплюють на місці. Потім визначають кількість одиничних квадратів a, де лишайник займає більше половини площі квадрата, і приймають їх за 100% покриття, і кількість квадратів b, де лишайник займає менше половини площі квадрата, визначають і приймають їх за 50% покриття [40].

Загальне покриття розраховується за такою формулою:

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

R – ступінь покриття лишайниками дерева у %;

a – квадрати, де лишайники візуально займають більше половини площі квадрата;

b – квадрати, де лишайники займають менше половини площі квадрата;

c – кількість обстежених ділянок [41].

Для розрахунку частоти трапляння лишайників використовуємо формулу :

$$А^{виду} = м^{виду} / n*100 \quad (2.2)$$

де, n– кількість дерев, які беруть участь в розрахунках.

Визначали середнє лишайникове покриття кожного виду. Лишайникове покриття розраховували за формулою:

$$Sвиду = 1 \div n \sum_{n=1}^{n} Si \quad (2.3)$$

де Si – покриття площі рамки (%) лишайниками на окремих деревах.

Показник відносної чистоти атмосфери визначається за формулою

$$Q = (Н+2Л+3К)/30, \quad (2.4)$$

де, Н,Л,К– середня оцінка стану для частоти появи та ступеня покриття лускатими, листяними та купчастими лишайниками;

1,2,3 – коефіцієнти на чутливість лишайників до атмосферного забруднення;

30 – значення суми (n+2l+3k) у випадку, якщо прогнозоване покриття та частота зустрічальності лишайників різного росту оцінено в 5 балів [42].

Метод лінійних перетинів.

Спочатку метод лінійних перетинів використовувався для геоботанічних досліджень судинних рослин.

Цей метод полягає в нанесенні на поверхню стовбура тонко розмежованої гнучкої стрічки і фіксації всіх ділянок перетину таломів лишайника [43, 44].

Загальну довжину горизонтальної поверхні дерева висотою 1,5 м ділили на загальну довжину всієї горизонтальної поверхні, тобто на суму довжин частин горизонтальної поверхні дерева висотою 1,5 м, які належать до певного виду лишайників.

Епіфітні лишайники підраховуються на деревах соснових лісоутворюючих порід. Дерева, які не мають видимих пошкоджень, мають

приблизно однаковий діаметр і висоту та ростуть в однакових умовах, відбираються як модельні дерева для певного виду дерев у вибірці. Модельні дерева вибираються випадковим чином з більшості дерев у вибірці. Це означає, що збирач обирає дерево, не знаючи, якою мірою на ньому присутні лишайники. Вибравши модельне дерево, збирач відмічає точку на стовбурі на заданій висоті від північної куртини [45].

Потім на стовбур накладають сегментовану вимірювальну стрічку так, щоб нулі на шкалі відповідали обраній точці, а цифри на шкалі відповідали руху за годинниковою стрілкою по мірі збільшення чисел. Першу точку натягнутої стрічки суміщають з нулем на шкалі, визначають довжину окружності ділянки стовбура на обраній висоті і фіксують відповідні початкову і кінцеву точки перетину лишайника і стрічки. Лишайники, що перетинають стрічку, збирають для подальшого визначення. Вимірювання проводяться з точністю до 1 мм [46].

Дослідження лишайників методом лінійного трансекту проводять з одного боку або на чотирьох висотах: 100 см або 150 см від підніжжя дерева: 60, 90, 120 і 150 см.

Візуальна оцінка.

Покриття кожного виду на стовбурі дерева можна також визначити за допомогою візуальної оцінки. Це можна зробити, розмістивши невелику пробну ділянку на певній висоті на стовбурі дерева. Для визначення відсотка покриття стовбура дерева використовуйте шкалу Браун-Бланке, яка поєднує відсоток покриття та рясність:

+ Рідко зустрічається.

1) Висока чисельність популяції, невеликий ступінь покриття або рідкісні особини, але велика площа покриття;

2) велика кількість особин, прогнозована площа покриття від 10% до 25%;

3) будь-яка кількість особин, покриття 25-50%;

4) покриття 50-75%;

5) покриття 75% і більше;

6) покриття 75% і більше.

Візуальні методи оцінки використовуються переважно для дослідження біологічних індикаторів [47].

Загальні зміни в структурі лишайникових угруповань під впливом забруднення проявляються у зменшенні кількості видів та збільшенні кількості чутливих видів, зміні субстрату та збільшенні кількості толерантних до забруднення видів, зміні спектру біоморфології. В основі цих змін лежить диференційована чутливість різних видів до впливу забруднювачів [48].

3 ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНА ЧАСТИНА

3.1 Видовий склад лишайників та оцінка стану забруднення атмосферного повітря паркових зон та автотранспортних ділянок міста Запоріжжя

Для проведення досліджень нами було обрано наступні райони у межах міста Запоріжжя: Заводський район (вул. Північне шосе), Олександрівський район (Центральний парк культури та відпочинку «Дубовий гай»), Вознесенівський район (парк «Перемоги» та ландшафтний парк Вознесенівський), Дніпровський район (парк «Енергетиків») та Шевченківський район (проспект Моторобудівників) на яких проводили ліхеноіндикаційні дослідження, табл. 3.1.

Таблиця 3.1 – Ділянки дослідження ліхенофлори в деяких районах міста Запоріжжя.

Ділянки	Район	Вулиця/парк/проспект
№ 1	Дніпровський	парк Енергетиків
№ 2	Заводський	вул. Північне шосе
№ 3	Вознесенівський	ландшафтний парк Вознесенівський
№ 4	Вознесенівський	парк Перемоги
№ 5	Шевченківський	проспект Моторобудівників
№ 6	Олександрівський	парк ЦПКВ «Дубовий гай»

Ландшафтний парк Вознесенівський загально площею 4,6 га – розташований вздовж Прибережної магістралі був заснований в 2004 році. Парк Перемоги загальною площею 19,5 га – розташований по вул. Перемоги (за п’ятою міською лікарнею) був заснований в 1979 році. Парк Енергетиків загальною площею 6,23 га – розташований за вул. Штурмова – вул. Телеграфна – бульвар Вінтера був заснований в 1947 році. Центральний парк культури та відпочинку «Дубовий гай» загальною площею 57 га – розташований за вул.

Глісерна – Прибережна магістраль був заснований в 1959 році. У кожному з вибраних районів досліджували пробні ділянки. На кожній пробній ділянці збирали для дослідження епіфітні лишайники на деревах та встановлювали площу проективного покриття їх талому в $см^2$ на форофітах.

У результаті досліджень виявлено 9 видів епіфітних лишайників, що належать до 5 родин та родів, таблиця 3.2.

Таблиця 3.2 – Види епіфітних лишайників деяких районів міста Запоріжжя.

Види	Досліджені ділянки					
	№ 1	№ 2	№ 3	№ 4	№ 5	№ 6
Накипні лишайники						
Lecanora carpinea (L.) Vain.	+	–	–	–	–	–
Листуваті лишайники						
Xanthoria parietina (L.) Beltr.	–	–	–	–	+	+
Xanthoria polycarpa (Hoffm.) Rieberg	+	–	+	–	–	–
Physcia stellaris (L.) Nyl.	+	–	–	–	–	+
Physcia tenella (Scop.) DC.	+	–	–	–	–	–
Physcia adscendes (Fr.) H. Olivier	–	+	+	+	+	–
Parmelia sulcata Taylor	+	–	+	–	–	+
Phaeophyscia orbicularis (Neck.) Moberg	–	+	–	–	–	–
Phaeophyscia nigricans (Flörke) Moberg	–	–	–	+	–	+

Примітки: плюсом відмічено зустрічальність виду. Ділянки: 1 – парк Енергетиків, 2 – вул. Північне шосе, 3 – ландшафтний парк Вознесенівський, 4 – парк Перемоги, 5 – проспект Моторобудівників, 6 – парк ЦПКВ «Дубовий гай».

Аналіз видового різноманіття лишайників у досліджених районах міста показав, що число їх видів на окремих ділянках спостережень (в розрахунку на 10 екземплярів дерев) суттєво відрізнялось. Так у Вознесенівському, Шевченківському та Заводському районах міста на форофітах паркових і

вуличних насадженнях коливалось від 2 до 3. В паркових зонах Дніпровського та Олександрівського районах видове різноманіття лишайників на форофітах було вищим і становило 4−5 видів.

Відомо, що на урбанізованих територіях на угруповання лишайників негативно впливають не тільки атмосферне забруднення, а також й інші фактори, наприклад відповідний субстрат, мікроклімат тощо. Тому нами спочатку були виявлені екологічні групи лишайників щодо загального чинника урбанізації. Під час ліхеноіндикаційних досліджень в Україні виділяють п’ять екологічних груп лишайників [49].

Нами на досліджених територіях міста було виявлено лишайники, які відносяться до 3 екологічних груп – помірноурбанофобна, урбанонейтральна, помірноурбанофільна, табл. 3.3.

Таблиця 3.3 – Розподіл видів лишайників на досліджуваних ділянках за чутливістю

Екологічні групи	Лишайники
помірноурбанофобна	*Lecanora carpinea* – Леканора грабова
урбанонейтральна	*Physcia tenella* – Фисція тендітна *Physcia stellaris* – Фисція зірчаста *Xanthoria polycarpa* – Ксанторія багатоплідна *Parmelia sulcata* – Пармелія борозенчаста
помірноурбанофільна	*Xanthoria parietina* – Ксанторія настінна *Physcia adscendes* – Фисція висхідна *Phaeophyscia nigricans* – Феофісція чорнувата *Phaeophyscia orbicularis* – Феофісція кругла

Так серед виявлених видів ліхенофлори досліджених ділянок нами були ідентифіковані певні види, які відносяться до урбанонейтральної групи. До цієї групи належать 4 види лишайників (*Physcia tenella* (Scop.) DC., *Physcia stellaris* (L.) Nyl., *Xanthoria polycarpa* (Hoffm.) Rieberg, *Parmelia sulcata* Taylor). Частота

трапляння лишайників цієї урбанонейтральної групи в цілому складала 53−90%. Лишайники урбанонейтральної групи головним чином зустрічаються на середньозабруднених територіях урбоекосистем.

Також було виявлено 4 види лишайників, які відносяться до помірноурбанофільної групи. До цієї групи належать наступні лишайники – *Xanthoria parietina* (L.) Beltr., *Physcia adscendes* (Fr.) H. Olivier, *Phaeophyscia nigricans* (Flörke) Moberg, *Phaeophyscia orbicularis* (Neck.) Moberg. Лишайники помірноурбанофільної групи в основному зосередженні в межах дуже або середньозабруднених ділянках міста. В парку Енергетиків нами був виявлений один вид лишайника, який є індикатором слабозабрудненої зони – *Lecanora carpinea* (L.) Vain., який належить до помірноурбанофобної групи лишайників.

На трьох пробних дослідних ділянках міста нами було виявлено невисокий склад видового складу лишайників (по 2 види). До цих територій належать – парк Перемоги, проспект Моторобудівників та ділянка на вул. Північне шосе. Тут зустрічались лише лишайники помірноурбанофільної групи, ці види трапляються як у межах щільної міської забудови так і по за нею.

Низьку видову різноманітність лишайників у парку Перемоги можна пояснити по-перше, одноманітністю деревних порід (переважно це тополя біла, липа серцелистна, каштан), що зумовлює і одноманітність лишайникового покриву. Як відомо, видовий склад епіфітів залежить від породи дерева, а саме від фізичних та хімічних особливостей кори форофіту. По-друге, ця ділянка розташована в центральній частині міста, поблизу автомобільних шляхів, що призводить до зникнення чутливих до забруднення атмосферного повітря видів.

Найбільша кількість видів лишайників (5 видів) на корі дерев було виявлено в парку Енергетиків у Дніпровському районі міста. Тут крім вище згаданих лишайників урбанонейтральної групи (4 види) зустрічався один вид лишайника, який відноситься до помірноурбанофобної групи – *Lecanora carpinea* (L.) Vain. Частота трапляння цього виду не перевищувала 30%. Вищі показники видової різноманітності лишайників у парку Енергетиків

пояснюються різноманітністю деревних порід, а також віддаленістю від центральної частини міста.

В парку ЦПКВ «Дубовий гай» Олександрівського району було знайдено 4 види лишайників, які належать до урбанонейтральної та помірноурбанофільної груп. Частота трапляння лишайників була у межах 40−90%.

У парках Вознесенівському і ЦПКВ «Дубовий гай» найбільшим проективним покриттям характеризувалися лишайники *Xanthoria polycarpa* та *Physcia stellaris*. В даних рекреаційних зонах міста значення проективного покриття для цих видів коливалась у межах 8,4−18,4% і 12,1−38,9% від загальних показників відповідно.

Характер проективного покриття лишайників парку Енергетиків був іншим. Тут найбільші значення проективного покриття було встановлено для *Physcia tenella* (12,1−38,9%) від загального проективного покриття. Мінімальні середні показники проективного покриття мали 2 види лишайників (*Parmelia sulcata, Lecanora carpinea*) значення яких не перевищувало (0,2−0,5%) від загального показника.

Після того як ми встановили частоту трапляння та ступінь проективного покриття лишайниками кори дерев на всіх пробних ділянках досліджених районів міста Запоріжжя ми проводили оцінку цих показників за п’ятибальною шкалою. Потім проводили оцінку забруднення атмосферного повітря за результатами ліхеноіндикації використовуючи оціночну шкалу, див. табл. 3.4.

Показник відносної чистоти атмосфери, Q розраховували за формулою, яка наведена в роботі [50]. Характеризуючи досліджені ділянки деяких районів міста за показником відносної чистоти повітря можна сказати, що згідно оціночної шкали (табл. 3.4) найбільше забруднення атмосферного повітря було виявлено на вул. Північне шосе, на проспекті Моторобудівників та у парку Перемоги де атмосферне повітря на дослідженій території має досить сильне забруднення. Трохи вищі показники відносної чистоти атмосферного повітря були встановлені для інших двох досліджених ділянок міста – для парків Перемоги та ЦПКВ «Дубовий гай». В цих двох районах міста атмосферне

повітря має також досить сильне забруднення. Найвище значення відносного показника забруднення атмосферного повітря (0,33) було виявлено в парку Енергетиків Дніпровського району. Але й тут за оціночною шкалою атмосферне повітря дослідженої території має досить сильне забруднення, див. табл. 3.5.

Таблиця 3.4 – Шкала оцінки забруднення атмосферного повітря за результатами ліхеноіндикації.

Показник відносної чистоти атмосфери, Q	Оцінка забруднення
0,0−0,20	сильне забруднення («лишайникова пустеля»)
0,21−0,40	досить сильне забруднення
0,41−0,60	середнє забруднення
0,61−0,80	незначне забруднення
0,81−0,10	забруднення відсутнє

Таким чином найбільш забруднені ділянки атмосферного повітря виявлено в центральній частині міста біля близько розташованих автомобільних шляхів та промислових підприємств, де зустрічаються епіфітні лишайники стійкі до атмосферного забруднення види, які поселяються на запиленій (евтрофікованій) корі форофітів.

Також була проведена оцінка забруднення атмосферного повітря за індексом чистоти повітря (ІЧП). Для кількісної оцінки ступеня забруднення атмосферного повітря міста Запоріжжя використовували класичний індекс чистоти повітря Де Слувера та ЛеБлана [51]. За даними [51], в залежності від значення індексу чистоти атмосфери (ІЧП), виділяють такі зони забруднення атмосферного повітря, які наведені в таблиці 3.6.

Таблиця 3.5 – Результати ліхеноіндикаційних досліджень міста Запоріжжя

Показник/ділянка	№ 1	№ 2	№ 3	№ 4	№ 5	№ 6
Частота зустрічальності лишайників						
Накипні	5	5	4	5	5	5
Листуваті	5	5	5	5	3	5
Кущисті	0	0	0	0	0	0
Ступінь проективного покриття лишайників						
Накипні	3	2	1	1	1	3
Листуваті	1	1	3	2	2	2
Кущисті	0	0	0	0	0	0
Показник відносної чистоти атмосфери	0,33	0,23	0,27	0,23	0,23	0,27
Оцінка забруднення	досить сильне	досить сильне	досить сильне	досить сильне	досить сильне	досить сильне

Примітки: Ділянки: 1 – парк Енергетиків, 2 – вул. Північне шосе, 3 – ландшафтний парк Вознесенівський, 4 – парк Перемоги, 5 – проспект Моторобудівників, 6 – парк ЦПКВ «Дубовий гай».

Таблиця 3.6 – Шкала для визначення забруднення повітря за класичним індексом чистоти повітря.

Індекс чистоти повітря (ІЧП) та межі зон забруднення	Ступінь забруднення
0,1−1,0	сильно забруднена
1,0−5,0	середньо забруднена
5,0−10,0	слабко забруднена
> 10,0	не забруднена

Таким чином найбільш забруднені ділянки атмосферного повітря виявлено в центральній частині міста біля близько розташованих

автомобільних шляхів та промислових підприємств, де зустрічаються епіфітні лишайники стійкі до атмосферного забруднення види, які поселяються на запиленій (евтрофікованій) корі форофітів.

При досліджені забруднення атмосферного повітря паркових зон та автотранспортних ділянок міста Запоріжжя було встановлено, що індекс чистоти повітря (ІЧП) коливався у незначних межах від 1,0 до 4,6. Найбільше значення індексу чистоти повітря було виявлено для парку Енергетиків (4,6), а найнижче для проспекту Моторобудівників (1,0). В цілому п’ять досліджених ділянок міста за ступенем забруднення атмосферного повітря характеризуються, як середньо забруднені зони. До цих зон належать парки Енергетиків, Вознесенівський, Перемоги, ЦПКВ «Дубовий гай» та вул. Північне шосе. А досліджена ділянка на проспекті Моторобудівників в Шевченківському районі міста відповідає території з сильно забрудненим атмосферним повітрям, табл. 3.7.

Таблиця 3.7 – Ранжування деяких районів міста за станом атмосферного повітря визначених методом ліхеноіндикації.

Ділянка	Індекс чистоти повітря (ІЧП)	Екологічна зона
парк Енергетиків	4,6	середньо забруднена
вул. Північне шосе	1,2	середньо забруднена
парк Вознесенівський	2,2	середньо забруднена
парк Перемоги	1,2	середньо забруднена
проспект Моторобудівників	1,0	сильно забруднена
ЦПКВ «Дубовий гай»	3,6	середньо забруднена

Таким чином, для ліхеноіндикаційної оцінки стану забруднення атмосферного повітря м. Запоріжжя можна використовувати класичний індекс чистоти повітря (ІЧП), який враховує частоту трапляння, проективне покриття лишайника та їх кількість на пробних ділянках, так і показник відносної

чистоти атмосфери, Q. Результати наших досліджень щодо забруднення атмосферного повітря м. Запоріжжя показали, що краще використовувати для аналогічних ліхеноіндикаційних досліджень показник відносної чистоти атмосфери, який враховує ступінь трапляння, проективне покриття та кількість видів як листуватих, накипних так і кущистих форм.

4 ОХОРОНА ПРАЦІ ТА БЕЗПЕКА В НАДЗВИЧАЙНИХ СИТУАЦІЯХ

Перед виконанням науково-дослідної роботи: “Ліхеноіндикаційна оцінка якості повітря паркових зон м. Запоріжжя”. я отримав інструктаж від мого керівника з охорони праці відповідно до Інструкції № 46 з охорони праці, я отримав від свого керівника наступні інструкції з охорони праці.

Так як збір матеріалів для експериментальної частини проводився в різних районах міста, мені потрібно було збирати ці матеріали в парках, на різних вулицях , в цих випадках я міг попасти в дорожньо–транспортну пригоду, тому я додержувався деяких вимог, а саме:

1) завжди переходить дорогу на позначеному пішохідному переході. Якщо є світлофор, дочекайтеся зеленого сигналу;

2) завжди дивіться в обидва боки, перш ніж переходити дорогу;

3) використовуйте яскраві кольори вдень і світловідбиваючі матеріали в темний час доби;

4) якщо можливо, переходить дорогу на добре освітлених ділянках;

5) уникати відволікаючих чинників, таких як мобільні телефони та навушники, коли переходите дорогу;

6) слідкувати за зустрічним транспортом;

7) під час переходу йдіть спокійно;

8) переходити дорогу на червоне світло небезпечно;

9) ознайомився з основними правилами, які стосуються пішоходів;

10) звертати увагу на дорожні знаки та розмітку;

11) уникати переходу в небезпечних або непередбачуваних місцях;

На даний момент в країні ідуть воєнні дії, яка несе велику загрозу життю, тому для уникнення непередбачуваних ситуації є невід’ємні аспекти під час проведення збору матеріалів , а саме :

1) бути уважним до тривог;

2) слухати радіо, телебачення, або моніторити новини у соц іальних мережах, бути в курсі новин та тривог;

3) діяти відповідно до сповіщень, використовуйте мобільні додатки та соціальні мережі, щоб бути в курсі подій;

4) евакуюватись якщо почув сигнал тривоги в безпечне місце, це може бути підвал, бомбосховище або інший притулок;

5) уникату натовпу– це зменшить ризик випадкових травм або паніки в натовпі;

6) звертати увагу на людей і предмети, які становлять загрозу;

7) діяти спокійно, не панікуйте і зосередьтеся на забезпеченні власної безпеки;

8) не покидати приміщення під час повітряної тривоги та комендатської години;

9) під час повітряної тривого не підходити до вікон, бути в найбезпечнішому місті в квартирі чи домі , за декількома стінами;

До роботи в лабораторії допускаються особи, які досягли 18 років, не мають протипоказань за результатами медичного огляду, пройшли навчання та інструктаж з охорони праці, надання першої медичної допомоги потерпілим від нещасних випадків та правил поведінки у разі виникнення аварії, в тому числі при виконанні робіт з підвищеною небезпекою.

Студенти мають такі обов'язки:

1) вміти користуватися різними засобами захисту (колективними та індивідуальними);

2) дотримуватися зобов'язань з охорони праці, викладених у договорі та правилах внутрішнього трудового розпорядку; і Вчасно розпочинати та закінчувати роботу;

3) не виходити на роботу в неробочий час без відповідного дозволу керівництва.

У процесі роботи працівники можуть піддаватися впливу небезпечних і шкідливих виробничих факторів:

1) небезпечний вплив напруги електричної мережі, що може призвести до короткого замикання в організмі людини;

2) підвищений вміст газів і пилу в повітрі робочої зони;

3) високі та низькі температури поверхонь обладнання;

4) високі та низькі температури в робочій зоні; високі та низькі температури в робочій зоні;

5) підвищена та знижена плинність повітря;

6) недостатня освітленість робочої зони;

7) токсичний вплив шкідливих речовин на організм людини;

8) нервово-психічне перенапруження.

В лабораторних умовах повинен бути: спеціальний одяг, спеціальне взуття та інші засоби індивідуального захисту передбачені для робіт зі шкідливими та небезпечними умовами праці, робіт, пов'язаних із забрудненням, а також робіт в умовах низьких температур.

Якщо робота виконується в умовах, де є можливість впливу подразнюючих хімічних речовин (кислот, лугів), необхідно використовувати спеціальний одяг, виготовлений з матеріалів, що захищають від цих впливів.

При виконанні своїх обов'язків студенти зобов'язані дотримуватися вимог санітарно-гігієнічних норм.

Студенти повинні приступати до роботи тільки в засобах індивідуального захисту.

Зберігати та вживати їжу можна лише у спеціально відведених для цього місцях.

Забруднені частини тіла необхідно мити після роботи.

Перед початком роботи учні повинні перевірити і надіти засоби індивідуального захисту.

Припливно-витяжна система повинна бути ввімкнена за 10-15 хвилин до початку роботи.

У робочій зоні слід розміщувати тільки ті реактиви, прилади та обладнання, які необхідні для виконання конкретного завдання.

Перед початком роботи студенти зобов'язані перевірити технічну готовність обладнання та апаратури.

Перед виконанням будь-якої роботи, пов'язаної з вакуумом, необхідно перевірити обладнання на герметичність.

Про будь-яку несправність обладнання, колективних або індивідуальних засобів захисту необхідно повідомити керівника робіт. Забороняється починати роботу до усунення несправності.

Роботи, пов'язані з використанням або можливим утворенням токсичних, вибухонебезпечних, їдких або подразнюючих речовин, повинні виконуватися тільки у витяжній шафі і при включеній газообмінній вентиляції. Носіть засоби індивідуального захисту.

Якщо необхідно нагріти легкозаймисті або горючі речовини, не використовуйте відкрите полум'я.

За необхідності використовуйте термостійкий порцеляновий посуд для розведення або змішування рідин, які можуть виділяти тепло.

ВИСНОВКИ

1. У паркових зонах та на деяких автотранспортних ділянках міста Запоріжжя було виявлено 9 видів епіфітних лишайників (Леканора грабова, Фисція тендітна, Фисція зірчаста, Фисція висхідна, Ксанторія багатоплідна, Ксанторія настінна, Феофісція чорнувата, Феофісція кругла та Пармелія борозенчаста).

2. За показником відносної чистоти повітря було встановлено, що на всіх досліджених ділянках міста (чотири паркові зони, вул. Північне шосе, проспект Моторобудівників) атмосферне повітря досить сильне забруднено, а цей показник був у межах 0,23−0,33.

3. За класичним індексом чистоти повітря (ІЧП) виявлено, що п’ять досліджених ділянок міста за ступенем забруднення атмосферного повітря характеризуються, як середньо забруднені зони. До цих ділянок належать парки Енергетиків, Вознесенівський, Перемоги, ЦПКВ «Дубовий гай» та вул. Північне шосе, а ділянка на проспекті Моторобудівників відповідає території з сильно забрудненим атмосферним повітрям.

4. Для ліхеноіндикаційних досліджень атмосферного повітря м. Запоріжжя краще використовувати показник відносної чистоти атмосфери Q, який враховує ступінь трапляння, проективне покриття та кількість видів як листуватих, накипних так і кущистих лишайників.

ПРАКТИЧНІ РЕКОМЕНДАЦІЇ

Так як ліхеноіндикація є досить відомим, простим у використанні та бюджетним методом біомоніторингу, він використовується великою кількістю людей і для більш розширеного використання можна використовувати деякі розширені можливості за допомогою індикаторів лишайників

Розробити певні стандарти для збору зразків та забезпечити дотримання всіх вимог між дослідженнями.

Відбори зразків повинні проходити циклічно, тобто збір повинен проводитись в одну й ту саму пору року , час та зі схожими кліматичними умовами, щоб вони ніяк не впливали на подальше дослідження , і не мали ніякого впливу на результати.

Обирати різні місця для відбору проб, щоб можна було зрівняти ці данні , наприклад відібрати зразки у більш чистих місцях міста де немає промислових підприємств та зібрати в промислових зонах міста, для порівняння досліджень

Використовувати більш точні ідентифікатори родів лишайників для точного визначення їхніх видів та родів, за рахунок різної морфології деяких видів, які по різному реагують на забруднення, ваш кінцевий результат в дослідженні може бути хибним, так як ви не правильно провели таксономічний аналіз.

Вивчення взаємозв'язків з параметрами навколишнього середовища: дослідити, такі фактори, як вологість, температура і світло, і т.д.

Додатково при зборі зразків об’єкту досліджувати хімічний та фізичний склад місця відбору, для виявлення певних видозмін організму.

Також повинна бути періодичність між моніторингом тих чи інших ділянок при досліджені об’єкту, для виявленні змін при дослідженні цього організму.

ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ

1. Горікович А.А, Тверда О.А. Оцінка стану атмосферного повітря методом ліхеноіндикації. Київ : Темпора, 2014. 223 с.,

2. Клименко М.О., Прищепа А.М., Вознюк Н.М. Моніторинг довкілля. Київ. : Академія, 2006. 360 с.

3. Григора І.М. Основи фітоценології. К. : Фітосоціоцентр, 2000. 240 с.

4. Fritts, H.C. 1976. Tree Rings and Climate. Academic Press, New York. Grill. P. 457-463

5. Ярмолюк С.М. Лишайники, як індикатори екологічного стану природи. К. : Київський національний університет імені Тараса Шевченка, 2016. 226 с.

6. Димитрова Л.В. Ліхеноіндикація забруднення атмосферного повітря м. Києва. *Укр. ботан. журн*. 2008 б. Т. 65, № 4. С. 572-585.

7. Кондратюк С. Я., Мартиненк В.Г. Ліхеноіндикація. Київ. : ТОВ «КОД», 2006, 260 с.

8. Щербак Г.І., Царичкова Д.Б., Верес Ю.Г. Зологія безхребетних Київ : Либідь, 1995. 320 с.

9. Hosmani, S.P. 2013. Freshwater algae as indicators of water quality. Univers. J. Environ. Res. Technol., 3(4). P. 473-482.

10. Скакальський О.О. Екологічний моніторинг у системі природоохоронної діяльності регіональної влади. *Державне управління та місцеве самоврядування*. 2015. Вип. 4. С. 152–162.

11. Білявський Г.О. та інші. Основи екологічних знань: Навч. посібник. Київ : Либідь, 2003. 336 с.

12. Joanna, B. 2006. Bioindicators: types, development, and use in ecological assessment and research. Environmental Bioindicators 1. P. 22-39.

13. Гриценко, А. В. Моніторинг впливу на стан навколишнього природного середовища підприємств-об’єктів підвищеної екологічної небезпеки. *Екологія та промисловість*. 2011. № 4. С. 116-120.

14. Ібрагімова Е. Е. Людина-Природа-Суспільство: теорія та практика безпеки життєдіяльності, екології та валеології. Сімферополь, 2008. 46. 49 с.

15. Гудзій О.С. Лихенофлора України: екологічні та географічні аспекти. К. : Наукова думка, 2004. 336 с.

16. Arora, H.C. 1966. Rotifer as indicators of trophic nature of environments. *J. Hydrobiologia*., 27 (1–2). P. 146–159.

17. Klemm, D.J. 1990. Macro invertebrate field and laboratory methods for evaluating the biological integrity of surface waters. Cincinnati (OH): EPA. Lambert, S.J. and Davy, A.J. 2011.P 127–128.

18. Литвиненко Ю.І., Вакал А.П., Литвиненко Д.П. Біоіндикаційні дослідження за епіфітною ліхенофлорою м. Суми та його околиць. *Слобожанський˘ науковий˘ вісник. Серія Природничі науки.* Вип. 2, 2023, С. 26-30.

19. Рупперт Э.Э., Фокс Р.С., Барнс Р.Д. Зоологія безхребетних: Функціональні та еволюційні аспекти: підручник для студентів вузів. Київ : Видавничий центр «Академія», 2008. 438 с.

20. Бовт В.Д., Гороховський Є.Ю. Основи статистичного аналізу в екології. Запоріжжя : ЗНУ, 2012. 57 с.

21. Шевчук В.Я. Саталкін Ю.М., Білявський Г.О. та ін. Екологічне управління: Підручник. Київ : Либідь, 2004. 432 с.

22. Федоренко О.І., Бондар О.І., Кудін А.В. Моніторинг навколишнього середовища. *Основи екології: підручник*. Київ : 2006. С. 306−318.

25. Руденко С.С., Костишин С.С., Морозова Т.В. Загальна екологія: практичний курс. Частина 1. Чернівці : Рута, 2003. 320 с.

26. Мусієнко М.М. Фітоіндикація та фітомоніторинг. *Екологія рослин: підручни*. Київ , 2006. С. 344−404.

27. Мусієнко М.М. Серебряков В.В. Екологія. Охорона природи: словник-довідник. Київ : Знання, 2007. 624 с.

28. Клименко М.О., Прищепа А.М., Вознюк Н.М. Моніторинг довкілля. Київ : Академія, 2006. 360 с.

29. Суханова, І. П. Ліхеноіндикація якості повітряного середовища дендропарку Софіївка НАН. України, 2012. С. 161-180.

30. Горікович А.А, Тверда О.Я. Оцінка стану атмосферного повітря методом ліхеноіндикації. *Вісник Національного технічного університету України Київський політехнічний інститут. Серія: Гірництво* 24, 2014. С. 122-126.

31. Литвиненко, Д. В. Маслов, Д. О. Ліхеноіндикація як метод оцінки якості атмосферного повітря урбоекосистем. *Редакційна колегія*, 2022, 44 с.

32. Арканова, А. А. Оцінка ступеня забруднення атмосферного повітря методом ліхеноіндикації, 2015, 223 с.

33. Зоріна, Н. О., Радловська, К. О., Боднар, Н. В., Голембйовська, М. Ю. Оцінка екологічного стану атмосфери міста Івано-Франківська методом ліхеноіндикації. *Екологічна безпека та збалансоване ресурсокористування*, 2015. С. 70-84.

34. Gombert, Sandrine, J. Asta, and M. R. D. Seaward. Assessment of lichen diversity by index of atmospheric purity (IAP), index of human impact (IHI) and other environmental factors in an urban area (Grenoble, southeast France). *Science of the total environment*. 2004. 324. 1-3. P. 183-199.

35. MATOS, Paula, et al. Modeling the provision of air-quality regulation ecosystem service provided by urban green spaces using lichens as ecological indicators. *Science of the Total Environment*. 2019. 665. P. 521-530.

36. Llop, E., Pinho, P., Matos, P., Pereira, M. J., & Branquinho, C. The use of lichen functional groups as indicators of air quality in a Mediterranean urban environment. *Ecological indicators*. 2012. *13*(1). P. 215-221.

37. Mikhaylov, Alexey. Lichens as indicators of atmospheric pollution in urban ecosystems. *Israel Journal of Ecology and Evolution*. 2020. 67.1-2. P. 60-68.

38. Jayalal, Udeni, et al. Evaluation of air quality using lichens in three different types of forest in Korea. *Forest science and technology*. 2016. 12.1. P. 1-8.

39. Єрмошенко, Л. Р. Дослідження стану атмосферного повітря методом ліхеноіндикації, К. : Руперта, 2023, 38-46 с.

40. Шершова, Н. В. Поширення чутливих до стану атмосферного повітря лишайників у малих містах Київської області. *Український ботанічний журнал*. 2016. 73. № 1. С. 56-60.

41. Мальований, М. С., Аналіз та систематизація існуючих методів оцінювання ступеня екологічної небезпеки. *Екологічна безпека*. 2013. 1. С. 37-44.

42. Шершова, Н. В. Ліхеноіндикація стану атмосферного повітря в місті Васильків Київської області. *Український ботанічний журнал*. 2018. 75. № 2. С. 143-148.

43. Федонюк, В. В., Картографування екологічного стану повітряного басейну м. Луцька на основі ліхеноіндикації. *Часопис картографії*. 2016. 16. С. 259-270.

44. Селіванова, А. Р., Кватернюк О. Є. Аналіз стану атмосферного повітря в ряді мікрорайонів м. Вінниці за допомогою пасивної ліхеноіндикації. *Друкується за рішенням Вченої ради Вінницького національного технічного університету Міністерства освіти і науки України*, 2017, 84-93 с.

45. Лисун І.В. Методи вивчення безхребетних тварин. Львів : Видавничий центр ЛНУ ім. І. Франка, 2014. 224 с.

46. Плотник,.О.І. Особливості епіфітної ліхенобіоти агенскалнс. *Молодий вчений*, 2023, 24-28 с.

47. Ольховик, Ю. О., Колісник Т. М.. Екологічна оцінка стану атмосферного повітря, за допомогою природнього біоіндикатора. Київ : Наукова думака, 2023, 125 с.

48. Димитрова Л. В. Урбаногрупи епіфітних лишайників та особливості їх поширення на території м. Києва. *Український ботанічний журнал*. 2008. Т. 65. №3. С. 408−417.

49. Горова А. І., Павличенко А. В., Борисовська О. О., Ґрунтова В. Ю., Деменко О. В. Біоіндикація. Методичні рекомендації до виконання лабораторних робіт студентами напряму підготовки 6.040106. Екологія,

охорона навколишнього середовища та збалансоване природокористування». Дніпропетровськ : Національний гірничий університет, 2014. 76 с.

50. Das P., Joshi S., Rout J., Upreti D.K. Lichen diversity for environmental stress study: Application of index of atmospheric purity (IAP) and mapping around a paper mill in Barak Valley, Assam, northeast India. *Tropical Ecology*. 2013. 54(3). P. 355-364.

51. Кондратюк С. Я., Мартиненко В. Г. Ліхеноіндикація (Посібник). Київ, Кіровоград : ТОВ КОД, 2006. 260 с.

ДОДАТКИ

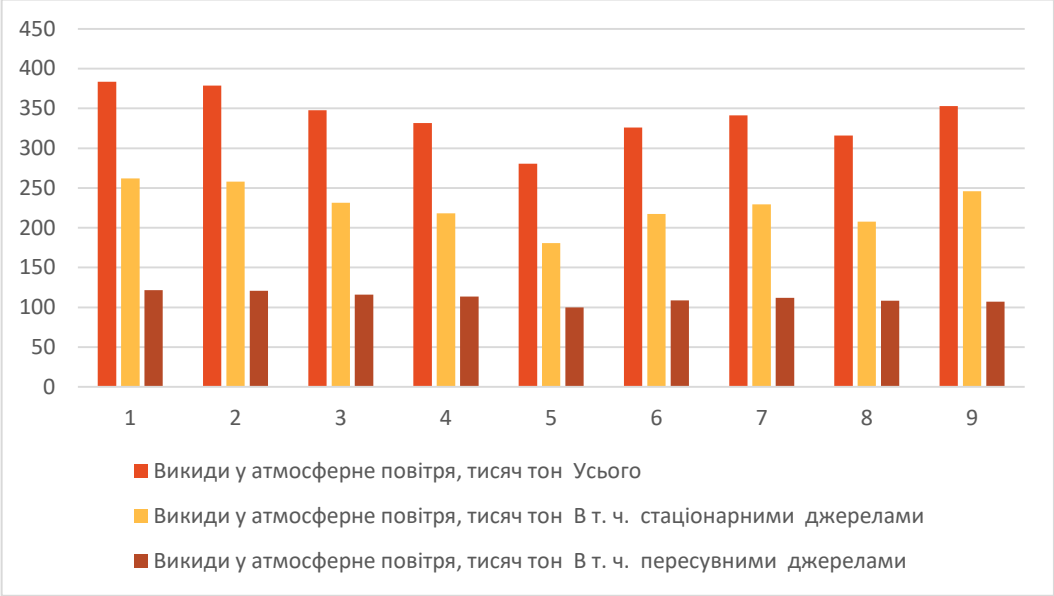
Додаток А

Динаміка викидів у атмосферне повітря, тисяч тон

Роки	Викиди у атмосферне повітря, тисяч тон			Щільність викидів на 1 км^2/т	Обсяги викидів на 1 ос./кг	Обсяг викидів на одиницю ВРП*
	Усього	В т. ч.				
		стаціонарними джерелами	пересувними джерелами			
2013	383.4	262.0	121.4	14.1	205	19.2
2014	378.8	258.1	120.7	13.9	204	15.3
2015	347.6	231.6	116.0	12.8	189	10.5
2016	331.7	218.3	113.4	12.2	182	7.9
2017	280.5	180.8	99.7	10.3	154	7.5
2018	326.1	217.5	108.6	12.0	180	7.6
2019	341.2	229.3	111.9	12.5	190	6.9
2020	316.0	207.6	108.4	11.6	177	7.4
2021	353.0	245.9	107.1	13.0	198	7.8

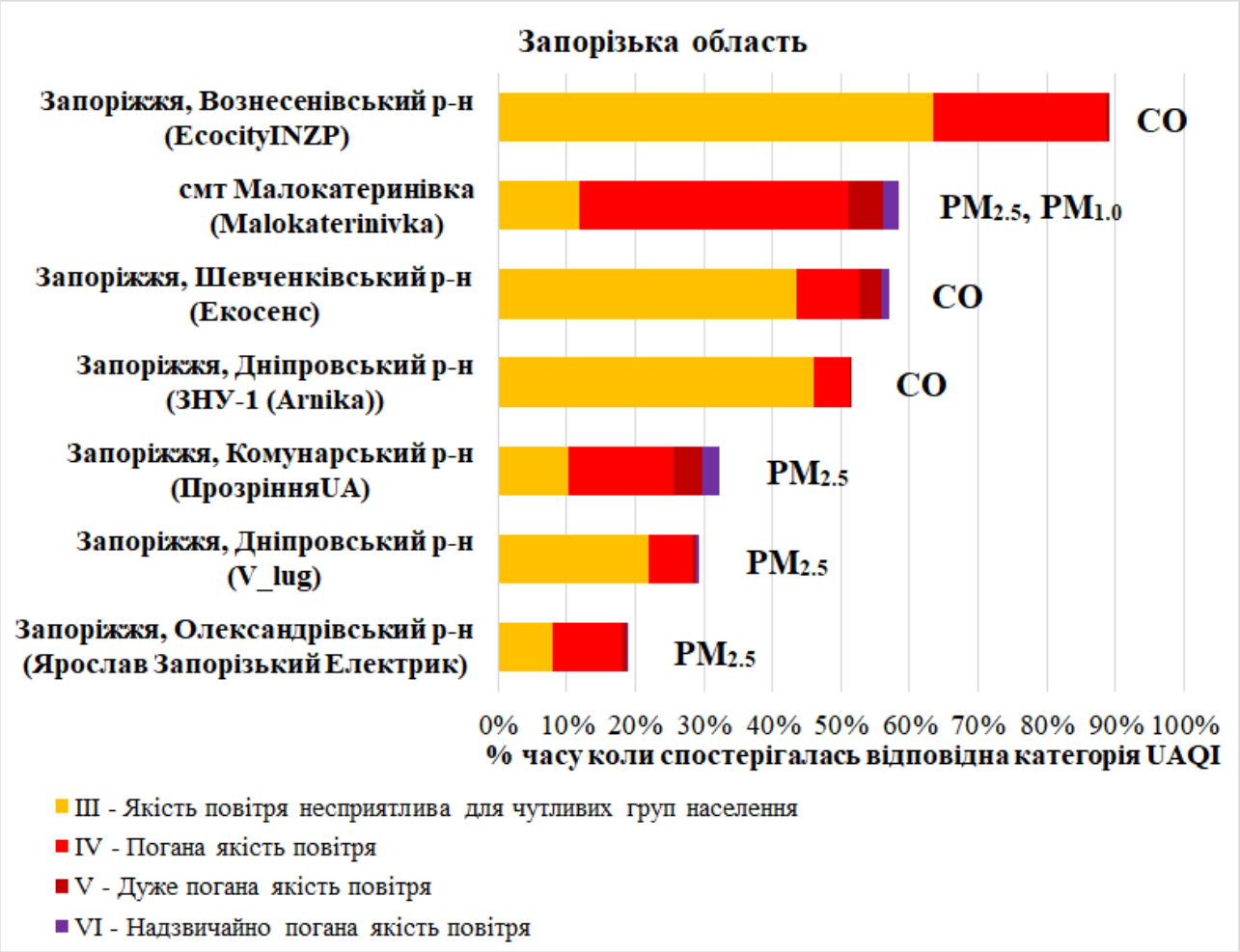
Додаток Б

Викиди у атмосферне повітря м. Запоріжжя, тисяч тон



Додаток В

Оцінка якості повітря в Запоріжжі



Додаток Г

Забруднювач	МДК будь коли мкг/м^3	Середня на 24 години мкг/м^3
Діоксид сірки	500	150
Хлор	100	30
Сірчанокислий водень	30	10
Сірковуглець	500	150
Вуглекислий газ	6000	2000
Оксиди азоту	500	150
Частинки, які вдихаються(MP10)	500	150
Дрібні частинки, які вдихаються(MP2.5)	150	50
Оксид фосфору	150	50
Марганець	30	10
Сполуки фтору	30	10
Сірчана кислота	300	100
Фенол	300	100
Неорганічні сполуки	–	3
Свинець	–	0.7
Металева ртуть	–	0.3

Додаток Д

Епіфітні лишайники на форофіті, парк Вознесенівський



Епіфітні лишайники на форофіті, парк Вознесенівський



Епіфітні лишайники на форофіті, парк Вознесенівський



Епіфітні лишайники на форофіті, парк Енергетиків



Епіфітні лишайники на форофіті, парк Енергетиків



Епіфітні лишайники на форофіті, проспект Моторобудівників



Епіфітні лишайники на форофіті, проспект Моторобудівників

