МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ

ОДЕСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ ТЕХНОЛОГІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ

Факультет Нафти, газу та екології

Кафедра екології, води та природоохоронних технологій.

Ступінь вищої освіти Магістр

Спеціальність 101 «Екологія»

Освітня програма Екологічний контроль і аудит

ПОЯСНЮВАЛЬНА ЗАПИСКА

ДО КВАЛІФІКАЦІЙНОЇ РОБОТИ

на тему **Оцінка техногенного навантаження на атмосферне повітря методом ліхеноіндикації**

Здобувача Ткаченка А.М.

2 курсу ЗЕ-779 групи

Керівник доцент Гаркович О.Л.

Кваліфікаційна робота допускається до захисту

Рішення кафедри від _____ 2023 р., протокол №____

Завідувач кафедри ЕВтаПТ _____ Олексій ГАРКОВИЧ

Одеса - 2023 рік

ОДЕСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ ТЕХНОЛОГІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ

Факультет Нафти, газу та екології
Кафедра екології, води та природоохоронних технологій.
Ступінь вищої освіти Магістр
Спеціальність 101 «Екологія»
Освітня програма Екологічний контроль і аудит

ЗАТВЕРДЖУЮ
завідувач кафедри
к-т біол. наук, доц.
_____О.Л. Гаркович

“____” _____2023 року

ЗАВДАННЯ

НА КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ ЗДОБУВАЧА

Ткаченка Андрія Михайловича
(прізвище, ім’я, по батькові)

1. Тема роботи «Оцінка техногенного навантаження на атмосферне повітря методом ліхеноіндикації»

Затверджена наказом ОНТУ від “27” 01 2023 року, наказ № 21-03

2. Термін здачі здобувачем закінченої роботи 01.12.23.

3. Вихідні дані до роботи методи біологічного контролю рівня забруднення повітря, біоіндикація, види біоіндикаторів; матеріали переддипломної практики: визначення якості атмосферного повітря методом ліхеноіндикації

4. Перелік питань, які потрібно розробити здійснити порівняльний аналіз існуючим методам біоіндикації, схарактеризувати види біоіндикаторів, обґрунтувати можливість застосування методу ліхеноіндикації для оцінювання якості атмосферного повітря, проаналізувати якісні та кількісні характеристики епіфітної складової ліхенобіоти для індикації стану атмосферного повітря, здійснити порівняльний аналіз основних ліхеноіндикаційних діагностичних характеристик середовища

5. Перелік графічного матеріалу (з зазначенням обов’язкових креслень) таблиці та схеми, що відображають хід виконання випускної кваліфікаційної роботи

6. Консультанти по роботі, із зазначенням розділів роботи, що стосуються їх

Розділ	Консультант	Підпис, дата	
		завдання видав	завдання прийняв
1. Біоіндикація як метод оцінки техногенного навантаження на атмосферне повітря	Гаркович О.Л., к.б.н, доц.	02.08	29.08
2. Матеріали та методи дослідження	Гаркович О.Л., к.б.н, доц.	29.08	19.09
3. Оцінка якості атмосферного повітря методом ліхеноіндикації	Гаркович О.Л., к.б.н, доц.	19.09	17.10
4. Опис видового складу виявлених лишайників. Розрахунок частоти зустрічальності кожного виду лишайників та показника відносної чистоти атмосфери	Гаркович О.Л., к.б.н, доц.	17.10	07.11
5. Охорона праці та ЦЗ	Гаркович О.Л., к.б.н, доц.	07.11	30.11

7. Дата видачі завдання_____02.08.2023 р._____

Керівник _____ Олексій ГАРКОВИЧ

Завдання прийняв до виконання _____ Андрій ТКАЧЕНКО

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ з/п	Назва етапів випускного проекту (роботи)	Строк виконання етапів роботи	Примітка
1	Біоіндикація як метод оцінки техногенного навантаження на атмосферне повітря. Види біоіндикаторів	29.08.23	
2	Ліхеноіндикація якості атмосферного повітря	29.08.23	
3	Вплив забрудненого повітря на стан лишайників	29.08.23	
4	Характеристика об'єкту дослідження	29.08.23	
5	Матеріали та методи дослідження	19.09.23	
6	Опис видового складу виявлених лишайників	17.10.23	
7	Розрахунок частоти зустрічальності кожного виду лишайників та показника відносної чистоти атмосфери	07.11.23	
8	Охорона праці та ЦЗ	30.11.23	
9	Оформлення результатів виконаної роботи	01.12.23	

Здобувач-дипломник _____ Андрій ТКАЧЕНКО

Керівник роботи _____ Олексій ГАРКОВИЧ

Несу відповідальність за ідентичність електронного та друкованого варіантів кваліфікаційної роботи, даю згоду на обробку персональних даних та не заперечую проти розміщення кваліфікаційної роботи на офіційних web-ресурсах ОНТУ.

Підтверджую, що в кваліфікаційній роботі відсутні порушення норм академічної доброчесності.

Здобувач-дипломник Андрій ТКАЧЕНКО _____

АНОТАЦІЯ

Пояснювальна записка до випускної кваліфікаційної роботи: стор. – 71, рис. – 9, табл. – 12, формули – 28, література – 66.

Перелік ключових слів: біоіндикація, біоіндикатор, тест-організми, ліхеноіндикація, епіфітні лишайники, талом, забруднення атмосфери, індекс чистоти атмосфери.

Тема: Оцінка техногенного навантаження на атмосферне повітря методом ліхеноіндикації

Об'єкт дослідження: атмосферне повітря.

Предмет дослідження – оцінка якості атмосферного повітря методом ліхеноіндикації.

Мета роботи: теоретично обґрунтувати та експериментально перевірити методику визначення забруднення атмосферного повітря методом ліхеноіндикації.

Кваліфікаційна робота магістра складається з таких розділів:

Розділ 1. Аналітичний огляд літературних джерел. Охарактеризовано біологічні методи індикації навколишнього середовища, лишайники, як біоіндикатори забруднення атмосферного повітря та вплив забрудненого повітря на стан лишайників.

Розділ 2. Матеріали та методи дослідження. Визначені об'єкти, охарактеризовані методи дослідження та розроблена програма проведення дослідження.

Розділ 3. Аналіз одержаних результатів. Проаналізовано якісні та кількісні характеристики епіфітної складової ліхенобіоти для індикації стану атмосферного повітря в обраному об'єкті дослідження. Здійснено розрахунок частоти зустрічальності кожного виду лишайників та показника відносної чистоти атмосфери.

Розділ 4. Наведено правила безпеки та обов'язкові вимоги для вдалої роботи в лабораторії.

Розділ 5. У розділі в рамках інформації щодо надзвичайних ситуацій, було розраховано характер руйнування лабораторії, у разі вибуху балону з амоніаком.

ЗМІСТ

Сторінки

ВСТУП…… 3
РОЗДІЛ 1. БІОІНДИКАЦІЯ ЯК МЕТОД ОЦІНКИ ТЕХНОГЕННОГО НАВАНТАЖЕННЯ НА АТМОСФЕРНЕ ПОВІТРЯ……... 5
1.1. Біоіндикація. Види біоіндикаторів…..…….. 5
1.2. Ліхеноіндикація якості атмосферного повітря..…….. 9
1.3. Вплив забрудненого повітря на стан лишайників……... 18
1.4. Характеристика об'єкту дослідження…….. 29
РОЗДІЛ 2. МАТЕРІАЛИ ТА МЕТОДИ ДОСЛІДЖЕННЯ…… 33
2.1. Загальна методика експериментальних досліджень…….. 33
2.2. Методика визначення відносної чистоти атмосфери методом ліхеноіндикації…….……..…….. 33
2.3. Методика визначення індексу чистоти атмосфери (ІЧА)…….. 37
РОЗДІЛ 3. ОЦІНКА ЯКОСТІ АТМОСФЕРНОГО ПОВІТРЯ МЕТОДОМ ЛІХЕНОІНДИКАЦІЇ..……. 41
3.1. Опис видового складу виявлених лишайників...…… 41
3.2. Розрахунок частоти зустрічальності кожного виду лишайників та показника відносної чистоти атмосфери……...… 46
РОЗДІЛ 4. ОХОРОНА ПРАЦІ…… 55
4.1. Аналіз потенційно небезпечних та шкідливих факторів…… 55
4.2. Вимоги до охорони праці при організації робочого місця працівника……..... 56
4.3. Забезпечення нормативних значень показників мікроклімату і чистоти повітря……... 57
4.4. Освітлення робочого місця, заходи для забезпечення нормованих показників освітлення……. 58
4.5. Заходи і засоби для забезпечення нормативних значень шуму та вібрації…….. 59
4.6. Забезпечення необхідності санітарного стану лабораторії…… 59
4.7. Заходи і засоби для захисту працюючих від ураження електричним струмом…….. 60
4.8. Забезпечення пожежовибухової безпеки……. 60
РОЗДІЛ 5. ЦИВІЛЬНИЙ ЗАХИСТ……..…… 62
ВИСНОВКИ…….. 64
СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ…….. 66

ВСТУП

Розвиток промисловості та нераціональне використання природних ресурсів призводить до поступової деградації навколишнього середовища, від якого безпосередньо залежить стан та життєдіяльність людини. Постійні викиди автотранспортом SO_2, CO_2, H_2S та інших летких речовин, викиди пилу й дрібнодисперсних часток підприємствами призводить до забруднення атмосферного повітря та поступово накопичуються у всіх складових екосистем. Це призводить до вимирання видів, забруднення води та повітря токсичними речовинами, а це означає – погіршення здоров'я людей, невідтворні генетичні зміни.

Більшість сучасних методів із визначення забруднення екосистем є досить громіздкими, що призводить до пошуку нових напрямків індикації стану навколишнього середовища.

Проблема збереження навколишнього середовища в даний час концентрує на собі увагу дослідників усього світу. Стрімке зростання народонаселення, збільшення площ зрошуваного землеробства, а також урбанізація та індустріалізація привели до небувалого використання природних ресурсів. За останні роки збільшився обсяг забруднень, які потрапляють у водоймища від сільського господарства - відходи тваринництва, птахівництва, підприємств, які переробляють сільськогосподарську сировину, і т.д. У зв'язку з посиленням антропогенного навантаження на природні комплекси, стає необхідною розробка методик, що дозволяють оцінювати екологічний стан природно-антропогенних середовищ. Тому проблема розвитку різних моніторингових підходів в системі екологічного контролю та управління якістю навколишнього середовища сьогодні найбільш актуальна.

Так як всі компоненти природи тісно та нерозривно взаємопов'язані між собою, то порушення одного компоненту викликає зміну стану всіх інших. Оцінюючи стан одного, можна припускати і зміни інших. Найбільш

гостро зміни навколишнього природного середовища відображаються на біотичних компонентах.

Мета роботи: теоретично обґрунтувати та експериментально перевірити методику визначення забруднення атмосферного повітря методом ліхеноіндикації.

Для вирішення поставленої мети були визначені наступні завдання:

– здійснити емпіричний аналіз літературних джерел, схарактеризувати загальні принципи і об'єкти, розглянути види та методи біоіндикації а також сфери застосування ліхенобіоти для визначення забруднення атмосферного повітря;

– проаналізувати якісні та кількісні характеристики епіфітної складової ліхенобіоти для індикації стану атмосферного повітря в обраному об’єкті дослідження;

– здійснити порівняльний аналіз основних ліхеноіндикаційних діагностичних характеристик середовища, на основі одержаних даних розробити методику дослідження;

– визначити умови проведення ліхеноіндикаційного аналізу, що забезпечують найвищу чутливість до забруднювачів повітря;

– експериментально перевірити можливість використання ліхеноіндикаційного аналізу, для оцінки рівня забруднення повітря.

Об’єкт дослідження: атмосферне повітря.

Предмет дослідження – оцінка якості атмосферного повітря методом ліхеноіндикації.

РОЗДІЛ 1
БІОІНДИКАЦІЯ ЯК МЕТОД ОЦІНКИ ТЕХНОГЕННОГО НАВАНТАЖЕННЯ НА АТМОСФЕРНЕ ПОВІТРЯ

1.1. Біоіндикація. Види біоіндикаторів

Оскільки оцінка якості ґрунту, води і повітря набуває в даний час життєво важливого значення, необхідно визначати як реально існуючий, так і можливий в майбутньому ступінь порушення навколишнього середовища. Для цієї мети використовують два принципово різних підходи: фізико-хімічний і біологічний. Біологічний підхід розвивається в рамках напрямку, що одержав назву біоіндикація [1].

Метод біоіндикації заснований на вибірковому біологічному накопиченні речовин з навколишнього середовища організмами рослин і тварин. Найбільш небезпечними для біотичних співтовариств є антропогенні забруднення ґрунту і вод важкими металами, радіонуклідами, деякими хлорорганічними похідними.

Коефіцієнти накопичення залежать від багатьох чинників – морфологічних і фізіологічних особливостей організмів, фізико-хімічних властивостей речовин, що накопичуються, середовища і можуть сягати значних величин. Різноманіття видів, їх висока вибірковість до речовин різної будови і складу робить метод біоіндикації вельми перспективним для моніторингу вод та ґрунтів урбанізованих зон, а в ряді випадків і для очищення екосистем від забруднюючих речовин деякими видами рослин і мікроорганізмів. Тому є актуальним вивчення біоіндикації як методу оцінки стану навколишнього середовища.

Біоіндикація – це оцінка стану середовища за допомогою живих об'єктів. Живі об'єкти (або системи) - це клітини, організми, популяції, співтовариства [2]. З їх допомогою може проводитися оцінка як абіотичних факторів (температура, вологість, кислотність, солоність, вміст полютантів тощо), так і біотичних (благополуччя організмів, їх популяцій і

співтовариств). Термін "біоіндикація" частіше використовується в європейській науковій літературі, а в американській його зазвичай замінюють аналогічним за змістом назвою "екотоксикологія" [2].

Часто задають питання: "Чому для оцінки якості середовища доводиться використовувати живі об'єкти, коли це простіше робити фізико-хімічними методами?" На думку Ван Штраалена (1998), існують принаймні три випадки, коли біоіндикація стає незамінною [3].

1) Фактор не може бути виміряний. Це особливо характерно для спроб реконструкції клімату минулих епох. Так, аналіз пилку рослин в Північній Америці за тривалий період показав зміну теплого вологого клімату сухим, прохолодним і далі заміну лісових угруповань на трав'яні. В іншому випадку залишки діатомових водоростей (співвідношення ацидофільних і базофільних видів) дозволили стверджувати, що в минулому вода в озерах Швеції мала кислу реакцію з цілком природних причин.

2) Фактор важко виміряти. Деякі пестициди так швидко розкладаються, що не дозволяють виявити їх вихідну концентрацію в ґрунті. Наприклад, інсектицид дельтаметрин активний лише кілька годин після його розпилення, у той час як його дія на фауну (жуків і павуків) простежується протягом декількох тижнів.

3) Фактор легко виміряти, але важко інтерпретувати. Дані про концентрації в навколишньому середовищі різних полютантів (якщо їх концентрація не надто висока) не містять відповіді на питання, наскільки ситуація небезпечна для живої природи. Показники гранично допустимої концентрації (ГДК) різних речовин розроблені лише для людини.

Однак, очевидно, ці показники не можуть бути поширені на інші живі істоти. Є більш чутливі види, і вони можуть виявитися ключовими для підтримки екосистем. З точки зору охорони природи, важливіше отримати відповідь на запитання, до яких наслідків призведе та чи інша концентрація забруднювача в середовищі [5]. Це завдання і вирішує біоіндикація, дозволяючи оцінити біологічні наслідки антропогенної зміни середовища.

Фізичні і хімічні методи дають якісні та кількісні характеристики фактора та лише опосередковано вказують на його біологічну дію. Біоіндикація, навпаки, дозволяє отримати інформацію про біологічні наслідки зміни середовища і зробити лише прямі висновки про особливості самого чинника. Таким чином, при оцінці стану середовища бажано поєднувати фізико-хімічні методи з біологічними.

Актуальність біоіндикації обумовлена також простотою, швидкістю і дешевизною визначення якості середовища. Наприклад, при засоленні ґрунту в місті листя липи по краях жовтіють ще до настання осені. Виявити такі ділянки можна, просто оглядаючи дерева. У таких випадках біоіндикація дозволяє швидко виявити найбільш забруднені ділянки. Біоіндикація може бути специфічною і неспецифічною [4]. У першому випадку зміни живої системи можна пов'язати тільки з одним фактором середовища. Наприклад, висока концентрація в повітрі озону викликає поява на листках тютюну (сорти Bel W3) сріблястих некрозних плям. У другому випадку різні фактори середовища викликають одну і ту ж реакцію. Наприклад, зниження чисельності ґрунтових безхребетних може відбуватися і при різних видах забруднення ґрунту, і при толоченні, і в період посухи та з інших причин.

При іншому підході розрізняють пряму і непряму біоіндикацію. При прямій біоіндикації, фактор середовища діє на біологічний об'єкт безпосередньо. В описаному вище випадку сріблясті плями на листках тютюну виникають від прямої дії озону.

При непрямій біоіндикації фактор діє через зміну інших (абіотичних або біотичних) факторів середовища. Наприклад, застосування одного з гербіцидів (2,2 дихлорпропіонової кислоти) веде до зменшення злаків у рослинному покриві (з 55 до 12%) і, відповідно, зменшення різнотрав'я, що може розглядатися як пряма біоіндикація.

Біоіндикатори – це біологічні об'єкти (від клітин і біологічних макромолекул до екосистем і біосфери), що використовуються для оцінки стану середовища. Коли хочуть підкреслити те, що біоіндикатори можуть

належати до різних рівнів організації живого, вживають термін "біоіндикаторні системи" [5, 6].

Критерії вибору біоіндикатора :

• швидка відповідь;

• надійність (помилка < 20%);

• простота;

• моніторингові можливості (постійно присутній в природі об'єкт).

Типи біоіндикаторів:

1) Чутливий. Швидко реагує значним відхиленням показників від норми. Наприклад, відхилення в поведінці тварин або у фізіологічних реакціях клітин можуть бути виявлені практично відразу після початку дії впливу фактора.

2) Акумулятивний. Накопичує впливи без виявляються порушень. Наприклад, ліс на початкових етапах його забруднення буде незмінним за своїми основними характеристиками (видовим складом, різноманітності, кількості тощо). Лише по закінченні якогось часу почнуть зникати рідкісні види, відбудеться зміна переважаючих форм, зміниться загальна чисельність дерев і т.д. Таким чином, лісове співтовариство як біоіндикатор не відразу виявить порушення середовища.

Біоіндикатори прийнято описувати за допомогою двох характеристик: специфічність і чутливість.

При низькій специфічності біоіндикатор реагує на різні фактори, при високій – тільки на один. При низькій чутливості біоіндикатор відповідає тільки на сильні відхилення чинника від норми, при високій - на незначні.

Тест-організми – це рослини і тварини, яких використовують для оцінки якості повітря, води або грунту в лабораторних дослідах [6].

Приклади тест-організмів:

• одноклітинні зелені водорості (хлорела, требоуксія з лишайників тощо);

• найпростіші: інфузорія;

• членистоногі: рачки дафнія і артемія;

• мохи: мніум;

• квіткові: злак полови, крес-салат.

Одна з основних вимог до тест-організмів – це можливість отримання культур з генетично однорідних організмів. У такому разі відмінності між дослідом і контролем з більшою ймовірністю можуть бути віднесені на рахунок впливу фактору, а не індивідуальних відмінностей між особинами.

1.2. Ліхеноіндикація якості атмосферного повітря

Лишайник – це грецьке слово, яке означає поверхневий наріст на корі оливкових дерев, комбінація водорості та гриба, які живуть разом у симбіотичній асоціації. Під час асоціації водоростевий компонент, фікобіонт або фотобіонт і компонент гриба, мікобіонт втрачають свою первісну ідентичність, і утворюють організм, який як морфологічно, так і фізіологічно поводиться як одне ціле. Три основні типи форм росту лишайників відомі як накипні, листяні та кущисті.

Лишайники можуть рости в різних кліматичних умовах і на різних субстратах. Лишайники, які ростуть на інших рослинах, називаються епіфітними. Лишайники також можуть рости на скелях під водою та на старих пам'ятниках чи будівлях. Важливими параметрами, необхідними для росту та чисельності лишайників, є достатня кількість вологи, освітлення та висота над рівнем моря, незабруднене повітря та чистий багаторічний субстрат [14 – 66].

Відповідно до Всесвітньої організації охорони здоров’я, «забруднення повітря – це забруднення внутрішнього або зовнішнього середовища будь-яким хімічним, фізичним або біологічним агентом, який змінює природні характеристики атмосфери. Побутові пристрої для спалювання, автотранспорт, промислові об’єкти та лісові пожежі є поширеними джерелами забруднення повітря. Забруднювачі, що викликають серйозне занепокоєння для здоров'я, включають тверді частинки, чадний газ, озон,

діоксид азоту та діоксид сірки. Забруднення зовнішнього та внутрішнього повітря викликає респіраторні та інші захворювання, які можуть бути смертельними».

Зміна клімату та забруднення повітря є двома дуже важливими областями для вивчення, оскільки вони впливають не лише на людей, але й на флору та фауну в усьому світі.

Дослідники виявили, що світ тварин і рослин змінюється через зміну клімату. Повідомлялося, що дві третини видів метеликів, які вивчаються в Європі, змістили свої ареали на північ приблизно на 150 миль, багато видів птахів у Великобританії перемістилися на північ в середньому на 18,9 км, а рослини цвітуть в середньому на вісім днів раніше, ніж це було на початку 20-го століття (з 1900 по 1920 рік). Встановлено, що зміна клімату є одним із головних факторів зменшення популяції рептилій [21].

Дослідження зростаючого впливу зміни клімату на рослини та екосистеми показують, що зміни у розмноженні, цвітінні, гніздуванні та чисельності біоти є значними, і ці зміни відповідають очікуваним ефектам зміни клімату, отриманим на основі різних моделей [14 – 66].

За допомогою використання різних моделей вчені встановили можливість застосування ліхеноіндикації для визначення зміни паментів навколишнього середовища. Дослідження проводилися в різних частинах світу щодо росту та регенерації лишайників під впливом різних кліматичних, антропогенних, екологічних, едафічних, комерційних факторів [14 – 66].

Фізичні параметри: фізичні параметри, такі як температура та кількість опадів, є основними параметрами для моніторингу зміни клімату. Температура функціонує як індикатор або кінцевий продукт екологічних процесів, пов’язаних з енергетичним балансом та його динамікою, таких як отримана сонячна радіація, транспірація випаровування, тепловий потік ґрунту та конвекція. Різноманітні дослідження в різних частинах світу показують, що середня температура землі та екстремальні опади значно зросли останнім часом.

Хімічні параметри: Хімічні параметри для моніторингу забруднення повітря включають визначення важких металів, таких як алюміній (Al), кадмій (Cd), хром (Cr), мідь (Cu), нікель (Ni), залізо (Fe), магній (Mg), марганець (Mn), цинк (Zn), свинець (Pb) і ртуть (Hg) тощо, а також забруднюючі гази, такі як NOx, SOx тощо.

Біологічні параметри: багато дослідників вимірювали якість навколишнього середовища за допомогою біологічних параметрів, використовуючи рослини (лишайники, мохи тощо), тварин (риби, павуки, личинки світлячків і бабок тощо) та мікроорганізми (віруси, бактерії). Вони відомі як індикатори зміни клімату та забруднення навколишнього середовища. Було помічено, що зміни в життєвому циклі рослин і тварин з часом сильно залежать від змін клімату та забруднення повітря в цьому районі. Ці зміни можуть вказувати на реакцію рослин і тварин на зміну клімату. Вплив зміни клімату на фенологію рослин циклів величезна. Це може змінити ріст, час цвітіння, виробництво та життєздатність насіння, кількість репродуктивних подій за вегетаційний період, що може призвести до різноманітності, чисельності та діапазону, морфології, фізіології, видового складу, мутуалізму та накопичення забруднюючих речовин. Можливі зворотні ефекти таких змін в екологічних системах можуть остаточно змінити видовий склад, мутуалізм, чисельність і діапазон флори і фауни цього регіону.

Лишайники як біоіндикатори потрібні для моніторингу екологічних умов і використовуються для раннього попередження. Було виявлено, що лишайники дуже чутливі до таких параметрів навколишнього середовища, як температура, вологість, вітер і забруднювачі повітря, оскільки вони не мають судинної системи і тому пасивно поглинають воду та поживні речовини з навколишнього середовища. Видовий склад і зміни складу лишайників є дуже потужним інструментом для отримання інформації про зміни клімату, якості повітря та біологічних процесів. Лишайники реагують на зміни навколишнього середовища, відображаючи зміни в їх різноманітності,

чисельності, морфології, фізіології, накопиченні забруднюючих речовин тощо. Основні загрози, такі як деградація та втрата середовища існування, фрагментація середовища існування, надмірна експлуатація, забруднення повітря та зміна клімату, які впливають на біорізноманіття в загальні також застосовні для лишайників. Завдяки цим унікальним особливостям лишайники можуть бути використані як відповідні індикатори продуктивності екосистеми та біорізноманіття. Біологічний моніторинг з використанням лишайників як індикатора можна вважати дуже ефективним інструментом для системи раннього попередження для моніторингу та виявлення зміни клімату та забруднення повітря [20, 21].

Втрата розмаїття лишайників і зміни в їхній спільноті через забруднення повітря, урбанізацію та зміну клімату спостерігалися в місцях світу.

Лишайники дуже важливі для кругообігу поживних речовин, вони поглинають поживні речовини, що передаються повітрям і дощем, для власного використання і, таким чином, беруть участь у кругообігу екосистем. Вони дуже чутливі до забруднюючих речовин, і тому, вимірюючи зміни в спільноті чи популяції лишайників, ми можемо оцінити біологічний вплив забруднюючих речовин.

Лишайники також можна використовувати як накопичувальні моніторингові станції стійких забруднюючих речовин шляхом визначення вмісту мікроелементів у них. Дослідження, проведені в різних частинах світу, показують, що лишайники використовуються як в активних, так і пасивних методах для моніторингу накопичення металів. У разі активного моніторингу лишайники пересаджують у досліджувані місця, а при пасивному моніторингу лишайники живуть на місці. Талом лишайника накопичує важкі метали, вибірково прив’язуючи їх до клітинної стінки за допомогою іонообмінного механізму, і клітина забирає частину металів. У клітинах ці метали метаболізуються та виводяться.

Лишайники накопичують поживні речовини з навколишнього

середовища за допомогою біологічних процесів. Вони адсорбують іони металів за допомогою процесу іонного обміну та затримують дрібні частинки каміння, ґрунту чи будь-які інші забруднювачі важких металів у своєму тілі. Цю особливість лишайників можна ефективно використовувати для моніторингу параметрів забруднення на досліджуваних ділянках. Обсяг і тип викидів забруднюючих речовин навколо промислових установок можна визначити за допомогою хімічного аналізу лишайників. Наприклад, Hypogymnia physodes вважається дуже хорошим біоіндикатором у вивченні біоакумуляції полютантів через її високу толерантність.

Лишайники – дуже повільно ростучі організми. Приріст їх талому за сприятливих умов коливається в залежності від виду від 1 до 8 мм на рік. При цьому листуваті та кущисті лишайники ростуть швидше, ніж накипні. Середній вік лишайників – від 30 до 80 років, а окремі екземпляри доживають до 600 років. Є відомості, що деякі таломи лишайників налічують навіть близько 2000 років. Таким чином, лишайники можна вважати найбільш довго живучими організмами. Потрібно відмітити, що враховуючи їх повільний ріст необхідна умова їх життя – тривала нерухомість субстрату [20, 21].

Лишайники поєднують два організми з протилежними властивостями: водорості (частіше за все зелені), які в процесі фотосинтезу утворюють органічну речовину, та гриби, які використовують цю речовину. Взаємовідносини їх будуються наступним чином. Гриб отримує від водорості органічні речовини – вуглеводи, але в той же час надає водорості, що знаходиться всередині тіла лишайника, середовище існування, захист від пересихання, перегріву і т.д.

Гриб забезпечує водоросоі достатньою кількістю води та розчинених в ній мінеральних солей, які він сам поглинає з навколишнього середовища (субстрату, атмосферного повітря). Таким чином, хоч гриб в деякій мірі паразитує на водорості, але й вона має з спільного життя з ним певну користь [19, 20]. В результаті цих складних взаємовідносин в процесі еволюції виник

новий самостійний комплексний організм, що має нові, притаманні лише йому особливості будови та способу життя та свої закономірності розвитку. При цьому водорість, видалена з лишайника, за сприятливих умов частіше за все може і поза ним рости та розвиватися самостійно, гриб же в цьому випадку зазвичай швидко гине, так як в процесі пристосування до спільного існування майже повністю втратив здатність до самостійного розвитку.

Вегетативне тіло лишайника – талом, або слань, – дуже різноманітна за формою та забарвленням. За зовнішнім виглядом розрізняють три типи таломів лишайників: накипні (або коркові), листуваті та кущисті; ці типи пов’язані між собою перехідними формами. Крім них нерідко розрізняють ще лускоподібні та філаментозні (ниткоподібні) типи таломів. На рис. 1 наведені основні типи слоевищ лишайників.

а) б)

в)

Рис. 1 – Основні типи слоевищ лишайників: а – накипні, б – листуваті, в – кущисті

Талом накипних лишайників представляє собою кірочку, яка дуже міцно зростається з субстратом – корою дерев, голою деревиною, поверхнею скель та камінням. Цей талом неможливо відокремити від субстрату, на якому він росте, не пошкодивши його. Поверхня такого накипного талому може бути порошкуватою, зернистою, бугорчатою або рідше гладкою;

забарвлення – різноманітне, зазвичай неяскраве. У деяких накипних лишайників майже весь талом вростає в субстрат і на поверхні видно лише плодові тіла лишайникового гриба; частіше за все це блюдцеподібні апотеції. Ці лишайники вважаються найбільш примітивними, вони, мабуть, дати початок іншим лишайникам. Вони часто зустрічаються у вигляді жовто-помаранчевих плівок, плям, штрихів на корі дерев. З цієї групи лишайників часто зустрічається графіс (Graphissp.) [22].

Листуваті лишайники мають вигляд лусочок або доволі великих пластинок. Їх талом кріпиться до субстрату зазвичай на більшій своїй частині з допомогою пучків грибних ниток (гіф) – *ризин* або окремих тонких гіф – *ризоїдів*. Лише у небагатьох листуватих лишайників талом зростається з субстратом лише в одному місці з допомогою міцного пучка грибних гіф, який називається гомфом. Між накипними та листуватими лишайниками є проміжні форми, у яких талом в центрі накипний, а по краю листуватий, який відстає від субстрату. До листуватих лишайників відноситься пармелія, яка росте на корі дерев.

У кущистих лишайників талом складається з гілок або більш товстих, розгалужених стовпчиків. Такий кущистий лишайник зростається з субстратом тільки своїм гомфом і росте вертикально або навскоси вверх (надґрунтові види) або звисаючи вниз (види, що ростуть на стовбурах та гілках дерев). Між кущистими та листуватими таломами можуть бути і перехідні форми.

Для деяких кущистих лишайників характерний так званий первинний талом, накипний або частіше листуватий, який складається з дрібних лусочок. На первинному таломі уже розвивається вторинний, власне кущистий, талом у вигляді окремих нерозгалужених або розгалужених, вертикально стоячих гілочок. Ці гілки вторинного талому називаються подеціями і особливо характерні для роду кладонія *(Cladonia),* у якого вони дуже різноманітні за формою. Подеції можуть бути паличкоподібні, шилоподібні, тупуваті вгорі або розширені у вигляді бокальчика

(сцифовидні), в вигляді кущиків з сильно розгалуженими гілками. Сцифовидні подеції часто проліферують, тобто з центру сцифи або по її краям виростають нові сцифовидні подеції. У лишайників з родів кладонія та стереокаулон *(Stereocaulon)* на подеціях розвиваються лусочки – філокладії. Вони аналогічні за походженням лусочкам первинного талому, ніби переходячи на подеції. Первинний талом може зберігатися на протязі всього життя лишайника, але у ряду видів він швидко зникає і залишаються лише подеції.

Таломи більшості кущистих лишайників мають радіальну будову (у кладонії, стереокаулона, уснеї, алекторії). Є кущисті лишайники з стрічкоподібним розгалуженим таломом, де морфологічно добре розрізняються дві сторони – верхня та нижня (так звана дорзовентральна будова). Такий талом характерний для роду цетрарія *(Cetraria).* Представником кущистих лишайників може служити вислянка, або бородатий лишайник (Usneasp.), який росте у вологих лісах на гілках дерев у вигляді довгих звисаючих кущиків. До цієї групи лишайників відноситься і «дубовий мох» – еверния (Everniaprunastn Acn, тобто furfuracea Mann.).

Лишайники нараховують близько 25 тисяч видів і широко поширені по земній кулі. Вони мають здатність заселяти найсуворіші місцеперебування і часто відіграють роль першопоселенців, представляючи собою початкову стадію сукцесії (зміни рослинних угруповань).

Лишайникові водорості дуже стійкі до дії високої температури. Так, фікобіонт, тільки що виділений з слані одного з видів кладонії, міг витримати нагрівання до +90 °С. Після зростання цієї водорості в культурі протягом 9 тижнів вона так «знижувалася», що гинула вже при температурі + 70 °С.

Водорості в слані лишайників здатні переносити тривале висушування. Водорість коккоміксиса в слані одного з лишайників витримувала висушування протягом 23 тижнів, а після нормалізації умов відновлювала всі процеси своєї життєдіяльності. У культурі ж цей фікобіонт гинув без води вже через 5 тижнів.

За відношенням до субстрату лишайники поділяють на кілька екологічних груп: епілітні, надґрунтові, епіфітні.

Види групи надґрунтових, або епігейних, лишайниів повинні витримувати сильну конкуренцію з боку динамічних вищих рослин, особливо трав'янистих [20-23]. Тому вони рідко зустрічаються на родючих грунтах і досягають більшого розвитку в місцях, мало придатних для вищих рослин через незначну поживність субстрату або несприятливих кліматичних умов, наприклад на піщаних грунтах, в тундрах, напівпустелях, на торфовищах і т. д. Надґрунтові лишайники відкритих просторів зустрічаються також в сухих степах і напівпустелях, на скелях і кам'яних розсипах у високогірних районах.

Епіфітні лишайники оселяються на деревах і чагарниках. Серед них можна виділити кілька підгруп: епіфільні лишайники, що ростуть на листках дерев і чагарників; справжні епіфітні лишайники, що ростуть на корі; епіксильні лишайники, що ростуть на оголеній і обробленій деревині. Епіфітні лишайники на корі дерев дуже численні [24]. Тут мешкають і накипні, і листуваті, і кущисті форми. Нерідко вони суцільно покривають стовбур дерева. На ділянці кори величиною не більше долоні іноді налічували до 38 видів лишайників, які росли впритул один біля одного і навіть один на іншому. Спостереження показують, що на окремих породах дерев часто спостерігаються певні угруповання лишайників.

Розселення лишайників на стовбурі залежить в основному від освітленості. Лишайники, пристосовані до існування при малій освітленості, оселяються ближче до основи стовбура, а світлолюбні піднімаються по стовбуру. Лишайники також конкурують з мохами. Ймовірно вони частково паразитують на мохах. Епіфітні лишайники оселяються на каменях і скелях і представлені в основному накипними видами. Розселення їх по субстрату відбувається по-різному. Один вид може суцільно покривати скелю або великий камінь на великій площі, надаючи їм помітне здалеку, характерне для певного виду лишайника жовте, помаранчеве, зеленувате, коричневе,

чорне чи інше забарвлення. В іншому випадку на невеликій ділянці можуть виростати кілька видів лишайників, утворюючи на субстраті завдяки своєму різноманітному забарвленню строкатий візерунковий малюнок.

Об'єктом глобального моніторингу лишайники обрані тому, що вони поширені по всій Земній кулі і оскільки їх реакція на зовнішній вплив дуже сильна, а власна мінливість незначна і надзвичайно уповільнена порівняно з іншими організмами. З усіх екологічних груп лишайників найбільшою чутливістю володіють епіфітні лишайники [24 – 32].

1.3. Вплив забрудненого повітря на стан лишайників

Розподіл лишайників у межах урбанізованих екосистем є закономірним явищем. Це пов’язано не тільки з екологічними властивостями нових та природних екотопів, але і з атмосферним забрудненням, функціональною структурою, тривалістю та інтенсивністю використання міської території.

Ліхеноіндикація базується на екологічному законі індивідуальності видів [24]. Види реагують на певні фактори середовища (у тому числі й антропогенні) по різному. Вони мають індивідуальні екологічні амплітуди, оптимальні, песимальні та летальні умови середовища. У той же час серед різних організмів є групи видів з подібними екологічними вимогами, які утворюють ценоз. Для використання лишайників у якості індикаторів необхідно знати їх екологію, їх «відповідь» на змінені атмосферні умови [32].

У вітчизняній ліхенології частіше всього використовують поняття «чутливі» та «токситолерантні» до «атмосферного забруднення» види лишайників [29]. Як відмічав італійський вчений П.Л. Німіс [38], терміни «якість повітря» і «атмосферне забруднення» мають різне значення. Якість повітря відноситься до ефекту дії різних полютантів на різноманітні об’єкти, включаючи людину, тварини, рослини і навіть такі неорганічні субстрати як пам’ятники, тоді як термін «забруднення повітря» визначає концентрації полютантів в атмосфері. Використання терміну «забруднення атмосфери» має певні труднощі як теоретичного так і практичного значення, серед яких

головними є:

а) наявність недостатніх знань щодо ефекту дії різних полютантів на людину, тварин та рослини;

б) факт шкоди залежить не завжди від середніх значень концентрації полютантів, але частіше від їх пікових значень та часу їх направленої дії;

в) наявність недостатніх знань щодо синергетичних ефектів різних полютантів на різноманітні організми;

г) розсіяні знання щодо переносів та накопичення полютантів в екосистемах або ландшафтах.

Використання лишайників як біоіндикаторів забруднення повітря основане на припущенні щодо ефектів змін у навколишньому середовищі під дією забруднення повітря на живі організми. Організм можна використовувати як індикатор, коли є специфічні відповідні реакції на дії різних значень полютантів. У більшості випадків одна і та ж специфічна реакція може бути викликана як одним полютантом, так і дією суміші полютантів, а іноді і природними екологічними факторами. Розділити синергетичну дію різних полютантів дуже важко. Навіть при встановленні переважної дії того чи іншого полютанта на організм, виникає проблема визначення концентрації полютантів, яку біоіндикатори показати не можуть.

Зв'язки між характеристикою ландшафтів, антропогенним впливом, групами полеотолерантності та біоіндикаторами наведені в табл. 1.

Таблиця 1 – Зв’язки між характеристикою ландшафтів, антропогенним впливом, групами полеотолерантності та біоіндикаторами.

Характеристика ландшафтів, ступінь антропогенного впливу на приземний шар повітря	Групи полеотолерантності	Індикатори якості повітря	Індикатори окремих параметрів повітря
Природні ландшафти з незабрудненим	Полеофобні	Високої якості	1. Дуже чутливі до кислотного забруднення

повітрям, кора природних форофітів			2. Дуже чутливі до основного забруднення 3. Індикатори екологічної цілісності лісових ценозів 4. Чутливі індикатори субтропічного клімату
Напівприродні ландшафти з низьким забрудненням атмосфери, кора природних та інтродукованих форофітів	Помірно-полеофобні	Фонової якості	1. Чутливі до кислотного забруднення 2. Чутливі до основного забруднення 3. Чутливі індикатори субтропічногоклімату
Штучні ландшафти з елементами природних систем та помірним забрудненням атмосфери, кора інтродукованих або відновлених місцевих порід	Помірно-полеофільні	Середньої якості повітря	1. Слабко чутливі до кислотного забруднення 2. Чутливі та слабко чутливі до основного забруднення 3. Слабко-токситолерантні до основного забруднення 4. Слабко-токситолерантні до кислотного забруднення
Штучні ландшафти з високим забрудненням атмосфери, кора інтродукованих порід	Полеофільні	Низької якості повітря	1. Токситолерантні до кислотного забруднення 2. Токситолерантні до основного забруднення
Природні та штучні	Інцертофіл	Індиферент	Індиферентні

ландшафти з незабрудненим та забрудненим повітрям, на корі різних порід дерев	ьні	ні	

Лишайники можна використовувати як індикатори якості повітря [38]. Їх використання в якості таких індикаторів базується на загальній реакції лишайників щодо феномену забруднення в цілому, на противагу дії окремо взятого полютанта в його певних кількісних показниках. Цей підхід також має свої недоліки, тому що встановлений загальний ефект забруднення, без кількісних показників, по різному буде впливати на людину, тварин та рослини.

Оцінивши позитивний та критичний боки використання тих чи інших індикаторних груп пропонується використовувати загальну схему яка включає зв'язки між характеристикою ландшафтів та антропогенним впливом на приземний шар повітря, групами полеотолерантності та індикаторними видами лишайників (табл. 1). Характеристика ландшафтів та ступінь антропогенного впливу подібна до схеми ландшафтів для класів полеотолерантності [32]. В запропонованій схемі використано всього п'ять варіантів ландшафтів з різною антропогенною дією в яких зустрічаються лишайники на відміну від 10, а також замість 10 класів полеотолерантності, які використовуються для розрахунків індекса полеотолерантності, було використано всього 5 груп полеотолерантності.

Індикатори якості повітря можна застосовувати для значної кількості видів лишайників, ніж індикатори забруднення повітря. Це поняття є загальним по відношенню до окремих індикаторів забруднення повітря, які співвідносяться лише з певними видами лишайників, як наприклад Lecanora conizeoides та Scoliciosporum chlorococcum - два токситолерантних до кислотного забруднення види [30, 31].

Лишайники потенційно можна використовувати як біоіндикатори

санітарно-гігієнічного стану атмосферного повітря.

Фітокліматичні елементи ліхенобіоти [34] дають нам певну інформацію щодо відношення лишайників до кліматичних характеристик. Так, лишайники середземноморсько-атлантичного елементу, мають фітокліматичний оптимум на територіях з кліматом вологих субтропіків. Лишайники цього елемента переважно зустрічаються як епіфіти у вологих субтропічних лісах, та епіліти – в затінених і зволожених умовах півдня Європи [34]. Низку видів лишайників саме цього елементу можна вважати індикаторами субтропічного середземноморського клімату, який використовується у медичній кліматології [35].

Отже, ми виділяємо такі індикатори якості повітря: високої якості, фонової якості, середньої якості, низької якості (таблиця 1). Індикатори забруднення повітря [26-29, 36], індикатори екологічної цілісності лісових ценозів [37] та індикатори кліматологічного стану повітря [35] є біоіндикаторами окремих параметрів повітря і можуть бути представлені всередині певних груп індикаторів якості повітря, уточнюючі вплив тих чи інших антропогенних або природних факторів.

У різних місцезростаннях на скелях, ґрунті, стовбурах дерев і т.д. лишайники утворюють рослинні угрупування – синузії, які характеризуються певним видовим складом і певними морфологічними типами. На розподіл лишайників впливають як фізичні, так і хімічні властивості субстрату [34]. Так, серед епілітних лишайників можна розрізнити групу кальцефілів, які зростають виключно на вапняках, доломіті і інших гірських породах, що містять вапно, і групу кальцефобів, що ростуть тільки на поверхнях не вапнякових порід: гранітах, гнейсах, кварцах і ін. Обидві ці групи відрізняються один від одного видовим складом. Наприклад, на вапняках зустрічається досить велика кількість лишайників з ендолітними таломами, цілком або частково зануреними в субстрат. Це пов'язано з доброю розчинністю вапняків: гіфи лишайників, виділяючи лишайникові кислоти, які легко розчиняють вапняні породи і проникають на досить велику глибину –

до 10 мм, а іноді навіть більше 30 мм. Серед кальцефобів дуже мало ендолітних лишайників і майже немає видів з таломом цілком зануреним в субстрат. В той же час для них характерний переважання видів з таломом, що має форму ареольованої скориночки.

Зазвичай на поверхні скель дуже сильно поширені накипні лишайники (ризокарпони, лецидеї, калопляки, леканори, гематомми та ін.), слань яких утворює на скелях пістряві яскраві плями. Але нерідко разом з ними на скелях ростуть і деякі листуваті лишайники – пармелії, умбілікарії, ксанторії, лептогіуми та ін. Серед кущистих лишайників типових епілітів порівняно небагато (лишайники роду Neuropogon, деякі види Alectoria, Ramalina та ін.).

Епігейні лишайники частіше всього оселяються на піщаних, торф'янистих і щебнистих ґрунтах, бідних поживними речовинами і непридатних для зростання інших рослин. Багато з цих лишайників є ацидофільним, тобто живуть на ґрунті з кислою реакцією. Наприклад, кладонії і цетрарії звичайно краще ростуть на кислих ґрунтах при концентрації водневих іонів (pH) в межах 3 – 7,4. Серед епігейних лишайників багато кущистих видів – кладонія, цетрарія, алектерон, стереокаулон і ін. З листуватих епігейних лишайників найбільш широко поширені види пельтигери, а з накипних на грунтах частіше всього зустрічаються представники родини лецидеєвих (Lecidea, Biatora, Bacidia, Toninia та ін.). В степових областях земної кулі серед ґрунтових лишайників переважають види з лускоподібним таломом (роди Psora, Dermatocarpon, Endocarpon та ін.).

На угрупування епігейних лишайників субстрат має істотний вплив. Так, за видовим складом лишайникові синузії піщаних ґрунтів відрізняються від синузії ґрунтів, багатих вапном; в значній мірі це обумовлено реакцією субстрату (pH). Наприклад, на бідних піщаних ґрунтах широко зустрічається синузія накипних лишайників Lecidea uliginosa та Baeomyces roseus, а для ґрунтів, багатих на вапняк, – синузія Toninia coeruleonigricans та Fulgensia bracteata. Надгрунтові лишайники можуть рости як на відкритих місцях, так і

в лісах. Лишайники відкритих просторів зростають уздовж дороги, на старих пожарищах, на бідних сухих і болотистих лугах, на узліссях. Це пельтигера собача (Peltigera canina), пельтигера бородавчаста *(P. aphthosa),* пельтигера прориваюча *(P. arumpens),* «ісландський мох» *(Cetraria islandica),* стереокаулон войлочний *(Stereocaulon tomentosum),* різноманітні види роду кладонія *(Cladonia)* [7-9].

Епігейні лишайники відкритих просторів зустрічаються також в сухих степах і напівпустелях, на скелях і кам'яних розсипах у високогірних районах. Вони утворюють дві чіткі підгрупи видів. Перша підгрупа – «кочівні» лишайники, що не зростаються з грунтом і переносяться вітром з місця на місце, як перекотиполе. Це в основному дрібнолистуваті лишайники: аспіцилія їстівна, або «лишайникова манна» *(Aspicilia esculenta),* пармелія блукаюча *(Parmelia vagans),* пармелія грубоморщиниста *(P. ryssolea),* корникулярія степова *(C. steppae).* Друга підгрупа – прикріплені до ґрунту лишайники; в основному це накипні види, які на грунті утворюють в суху погоду малопомітні нальоти або скориночки. Серед них є види, приурочені до піщаних ґрунтів – рамаліна скручена *(R. strepsilis),* пармелія темно-бура *(Parmelia pulla)* та ін.), вапнякових – види родів веррукарія *(Verrucaria)* та коллема *(Collema))* і глинистим грунтам – беоміцес рожевий *(Baeomyces roseus)* та беоміцес рижий *(B. rufus)* [25, 36].

До представників епігейних лишайників лісів близько примикають по своїй екології лишайники, що розвиваються на гниючих пнях і на основах стовбурів дерев. В більшості своїй вони тіневитривалі і вологолюбні. Це цетрарія соснова*(Cetraria pinastri),* кладонія пальчаста *(Cladonia digitata),* згадані вже види кладоній, що складають «оленячий мох», і т. д. Ці види є перехідними до наступної екологічної групи.

Але особливо сильно фізичні і хімічні властивості субстрату впливають на епіфітні лишайники, що оселяються на деревах і чагарниках. Серед них також можна виділити декілька підгруп: епіфільні лишайники, що ростуть на

листі дерев і чагарників; справжні епіфітні лишайники, що ростуть на корі; епіксильні лишайники, що ростуть на голій і обробленій деревині.

Епіфільні лишайники порівняно нечисленні. Поширені вони головним чином в тропіках і частково в субтропіках на старому листі вічнозелених рослин. Переважно вони використовують зелений лист тільки як опорний субстрат. Епіфільні лишайники живуть в основному на поверхні листа, не проникаючи всередину його і не заподіюючи йому шкоди. Але є види, які проникають під кутикулу і прикріпляються до зовнішніх стінок клітин епідермісу листа. Епідерміс від цього або страждає мало, або відмирає і в цьому випадку на листі звичайно утворюються сірі або сіро-зелені плями. Нечисленні епіфільні лишайники зустрічаються в основному на півдні Чорноморського побережжя Кавказу. Це катілларія Боутеллі *(Catillaria bouteillei)* та бацидія грушоподібна *(Bacidia apiahica),*що ростуть на верхній поверхні старих листів чайного куща, що, без сумніву, відображається на загальному розвитку куща. Катілларія Боутеллі зустрічається також на хвої та живих гілочках ялин та піхт.

Епіфільними, хоча й приблизно, можна назвати деякі поширені листуваті лишайники з родів фісція (Physcia) та пармелія (Partelia), іноді наростаючі з кори гілок на хвою хвойних дерев.

Епіфітні лишайники на корі дерев дуже численні. Тут зростають і накипні, і листуваті, і кущисті форми. Нерідко вони суцільно покривають стовбур дерева. На ділянці кори величиною не більше долоні іноді налічували до 38 видів лишайників, які росли впритул один біля одного і навіть один на іншому.

Крім того, склад епіфітних синузій лишайників на одному і тому ж стовбурі дерева різний залежно від висоти над землею; в цьому випадку на розподіл лишайників здійснюють вплив не тільки фізичні особливості кори, але і екологічні чинники – освітленість, вологість і деякі інші.

Особливу екологічну групу складають дуже своєрідні водні лишайники, постійно або більшу частину року проводять під водою. Ці лишайники

біологічно мало вивчені [38]. Серед них є види прісноводі і що мешкають в солоній воді, вони можуть бути мешканцями стоячих водоймищ і швидко поточних річок і струмків. У водних лишайників є деякі пристосування до проживання у воді, що зводяться до захисту плодового тіла лишайникового гриба. Звичайно воно буває глибоко занурено в талом лишайника і вкрите щільною оболонкою. Справжні підводні лишайники звичайно селяться в прозорій, чистій воді і заходять на декілька метрів углиб. Дерматокарпон річковий *(Dermatocarpon aquaticum)* оселяється на каменях і скелястому ложі струмків, річок і світлих озер [35].

Найбільш значний антропогенний вплив на фітоценози мають забруднюючі речовини в навколишньому повітрі, такі, як діоксид сірки, оксиди азоту, вуглеводні та ін. Серед них найбільш типовим є діоксид сірки, що утворюється при згорянні сірковмісного палива (робота підприємств теплоенергетики, котелень, опалювальних печей населення, а також транспорту, особливо дизельного).

Стійкість рослин до діоксиду сірки різна. Навіть незначне наявність діоксиду сірки в повітрі добре діагностується лишайниками – спочатку зникають кущисті, потім листуваті і, нарешті, накипні форми.

Лишайники – широко поширені організми з досить високою витривалістю до кліматичних чинників і чутливістю до забруднювачів навколишнього середовища [36 – 42].

У зв'язку з тим, що лишайники поглинають воду всією поверхнею тіла в основному з атмосферних опадів і частково з водних парів, вологість слоевищ непостійна і залежить від вологості навколишнього середовища. Таким чином, надходження води в лишайники відбувається, на відміну від вищих рослин, за фізичними, а не за фізіологічними законами. Недарма слань лишайників часто порівнюють з фільтрувальним папером.

Мінеральні речовини у вигляді водних розчинів надходять у слань лишайника з ґрунту, гірських порід, кори дерев. Однак набагато більшу кількість хімічних елементів лишайники отримують з атмосфери з опадами і

пилом. Поглинання елементів з дощової води йде дуже швидко і супроводжується збільшенням їх концентрації. При підвищенні концентрації сполук металів у повітрі різко зростає їх вміст в слоевищах лишайників, причому в накопиченні металів вони далеко випереджають судинні рослини. У лісі, де опади проходять крізь крони дерев і стікають зі стовбурів, лишайники надзвичайно збагачені мінеральними і органічними речовинами, ніж на відкритих місцях. Особливо багато мінеральних і органічних речовин потрапляє в тіло епіфітних лишайників, що ростуть на стовбурах дерев.

Ці рослини використовуються для спостереження за поширенням в атмосфері більше 30 елементів – літію, натрію, калію, магнію, кальцію, стронцію, алюмінію, титану, ванадію, хрому, марганцю, заліза, нікелю, міді, цинку, галію, кадмію, свинцю, ртуті, ітрію, урану, фтору, йоду, сірки, миш'яку, селену та ін [36 – 42].

Численні дослідження в районах промислових об'єктів, на заводських і прилеглих до них територій показують пряму залежність між забрудненням атмосфери і скороченням чисельності певних видів лишайників. Особлива чутливість лишайників пояснюється тим, що вони не можуть виділяти назад середовище поглинені токсичні речовини, які викликають фізіологічні порушення і морфологічні зміни [43 – 64].

У міру наближення до джерела забруднення слані лишайників стають товстими, компактними і майже зовсім втрачають плодові тіла, рясно вкриваються соридіями. Подальше забруднення атмосфери призводить до того, що лопаті лишайників забарвлюються в білуватий, коричневий або фіолетовий колір, їх талломи зморщуються і вони гинуть. Вивчення лишайниковой флори в населених пунктах і поблизу великих промислових об'єктів показує, що стан навколишнього середовища впливає на розвиток лишайників. За їх видовим складом і зустрічальності можна судити про ступінь забруднення повітря [37].

Найбільш різко лишайники реагують на діоксид сірки. Концентрація діоксиду сірки 0,5 мг/м^3 згубна для всіх видів лишайників. На територіях, де

середня концентрація діоксиду сірки перевищує 0,3 мг/м^3, лишайники практично відсутні. У районах з середніми концентраціями діоксиду сірки від 0,3 до 0,05 мг/м^3 по мірі віддалення від джерела забруднення спочатку з'являються накипні лишайники, потім листоваті. При концентрації 0,05 мг/м^3 з'являються кущисті лишайники і деякі листуваті [38, 39].

Лишайники не мають судинних тканин і коренів, а всі поживні речовини одержують з водних розчинів. Ці речовини надходять безпосередньо в слань (талом) лишайника. Таким же чином ці організми можуть засвоювати речовини з повітря, а значить, накопичувати і забруднення. Газообмін у лишайників вільно проходить через всю поверхню. Більшість токсичних речовин концентрується з атмосферного повітря в дощовій воді, яку вбирають лишайники. Цим вони відрізняються від квіткових рослин, що поглинають воду в основному з ґрунту. Важливий і той факт, що лишайники, на відміну від вищих рослин, які не здатні позбавлятися від уражених забрудненнями частин слані і мають здатність рости не тільки влітку, але і в інші періоди при негативних температурах повітря. Тому лишайники реагують на забруднення атмосфери раніше і сильніше, ніж вищі рослини [38 – 64].

Повільне зростання слані не дає можливості лишайникам в більш менш сприятливих місцепроживаннях конкурувати з швидкорослими квітковими рослинами або мохами. Тому зазвичай лишайники заселяють такі екологічні ніші, де умови існування дуже суворі для інших рослин. Вони володіють дивовижною здатністю рости на найрізноманітніших субстратах: кам'янистих породах (вапняках, гранітах, гнейсах, кварцах і ін.), ґрунті, корі дерев, на хвої, листі вічнозелених рослин, на мохах, гниючій деревині, на гниючих рослинних залишках. Лишайники поселяються також на склі, кістках, шкірі, ганчірках і інших предметах, при цьому важливо лише одне – щоб ці предмети пролежали нерухомо досить тривалий час.

Хоча серед лишайників і зустрічаються такі, які здатні рости на різних субстратах, все ж таки більшість видів володіють вибірковою здатністю і

оселяються на не багатьох або навіть тільки на одному певному субстраті [39].

1.4. Характеристика об'єкту дослідження

Парк культури і відпочинку імені М. Гіркого утворений 21 жовтня 1977 року рішенням Малиновського райвиконкому міста Одеси № 136 [40, 41].

Закладка зеленої зони почалася ще в 1961 році Горзелентрестом та громадськістю міста. На території парку росте понад 6 тисяч дерев. Серед них ялина блакитна, сосна кримська, дуб, залізняк, горобина червона. Жива огорожа з 5 тисяч кущів туї західної та кизильника чітко окреслює межі. Квітучі кущі мальви сирійської, форзиції, жасмину, бузку органічно вписуються в неї, створюючи враження сплетенного вінка.

Основним завданням парку культури та відпочинку є організація вільного часу, активного відпочинку і розваг, задоволення культурних запитів різних групп населення, створення умов для відновлення фізичних, духовних сил, спілкування людей у сфері дозвілля, розвиток художньої і технічної творчості, виховання екологічної культури.

На території парку розміщено: різноманітні атракціони, ігрові автомати, прокат дитячих машинок, велосипедів, картингу, атракціонималих форм, тенісний корт, футбольне поле, настільний теніс, а також кінотеатр, кафе. Також на території парку розташовані пам'ятник М. Горького, пам'ятник «Жертвам фашизму» [41].

Парк розташований на території Малиновського району м. Одеси по периметру вулиць Космонавтів, Терешкової, Варненської і Генерала Петрова. Ситуаційна карта-схема парку ім. Горького наведена на рис. 2.

На прилеглих до парку територіях розміщені: житлові забудови, ТЦ «Таврія», ЖК«Альтаїр», ОАО «Одеський коровай». Наприклад: котельні, ЖК«Альтаїр», ТЦ «Таврія», ОАО «Одеський коровай», працюють на газу, в повітря таким чином вивільняються CO_2 і SO_2. Також всередині паркової зони розміщені ресторани та кафе, що вивільняють свою частку шкідливих

речовин і газів в атмосферу [41].

Рис. 2 – Ситуаційна карта-схема парку ім. Горького

Головним забруднювачем повітря є автомобільний транспорт. По периметру парку знаходяться вулиці по яких протягом доби відбувається рух транспорту. У складі вихлопних газів різних видів палива, можуть бути такі шкідливі елементи: оксиди азоту і вуглецю, діоксиди азоту і сірки, сірчистий ангідрид, бензопірен, альдегіди, ароматичні вуглеводні, деяка кількість сажі, різні сполуки свинцю, зважені частинки [42]. У таблиці 2 наведені дані про склад відпрацьованих газів.

Як бачимо з таблиці, основними компонентами відпрацьованих газів є: азот, пари води, двоокис та оксид вуглецю. До токсичних компонентів відносяться оксид вуглецю, оксиди азоту, вуглеводні, альдегіди, оксид сірки, сажа і бенз(а)пірен.

При згорянні 1 кг бензину при середніх швидкостях і вантажах виділяється приблизно 300-310 г токсичних компонентів (225 г оксидів вуглецю, 55 г оксидів азоту, 20 г вуглеводнів, 1,5-2,02 г оксиду сірки, 0,8-1 г

альдегідів, 1-1,5 г сажі та ін.).

При згорянні 1 кг дизельного палива виділяється близько 80-100 г токсичних компонентів (20-30 г оксиду вуглецю, 20-40 г вуглеводів, 10-30 г оксидів сірки, 0,8-1,0 г альдегідів, 3-5 г сажі та ін.) [42].

Основна причина забруднення повітря полягає в неповному і нерівномірному згорянні палива. Всього 15% його витрачається на рух автомобіля, а 85% "летить на вітер".

Таблиця 2 – Склад відпрацьованих газів

Компоненти	Бензинові двигуни	Дизельні двигуни
Азот, ч/о	74-77	76-78
Кисень, %	0,2-8,0	2-18
Пари води, %	3,0-13,5	0,5-10,0
Вуглекислий газ, %	5-12	1-10
Діоксид вуглецю, %	5,0-14,0	1,0-12,0
Оксид вуглецю, %	0,1-10	0,01-0,3
Оксиди азоту, %	0,1-0,5	0,001-0,4
Альдегіди	0,2	0,009
Вуглеводні, %	0,2-3,0	0,01-0,5
Сірчаний газ, %	0-0,002	0,03
Оксид сірки, %	0,003	0,0-0,015
Сполуки свинцю, мг/м^3	0-60	-
Сажа, г/м^3	0,4	0,01-1,1
Бенз(а)пірен, мг/10000 м^3	до 0,00002	до 0,00001

Отже, біологічний контроль навколишнього середовища включає дві основні групи методів: біоіндикація та біотестування. Такими методами визначається присутність у навколишньому середовищі того чи іншого забруднювача за наявністю або станом певних організмів. В даній роботі розглядаються епіфітні лишайники, як основні індикатори забруднення атмосферного повітря.

Ліхеноіндикація базується на екологічному законі індивідуальності

видів, тобто види реагують на певні фактори середовища по різному. Вони мають індивідуальні екологічні амплітуди, оптимальні, песимальні та летальні умови середовища, тому для використання лишайників у якості індикаторів необхідно знати їх екологію, їх «відповідь» на змінені атмосферні умови.

РОЗДІЛ 2
МАТЕРІАЛИ ТА МЕТОДИ ДОСЛІЖЕННЯ

2.1. Загальна методика експериментальних досліджень

Головною метою проведення дослідів є загальні принципи і об'єкти біоіндикації, а також сфери застосування ліхенобіоти для визначення забруднення атмосферного повітря. Лишайники, як відомо, широко поширені організми з досить високою витривалістю до кліматичних чинників і чутливістю до забруднювачів навколишнього середовища, саме тому вони були обрані для дослідження забруднення атмосферного повітря. Вивчення лишайникової флори в населених пунктах і поблизу великих промислових об'єктів показує, що стан навколишнього середовища впливає на розвиток лишайників. За їх видовим складом і зустрічальності можна судити про ступінь забруднення повітря.

Об’єктом дослідження було обрано парк культури і відпочинку ім. М. Горького загальною площею 20 га, який налічує близько 6 тис. дерев. Дослідження в даному районі і прилеглих до нього територій показують пряму залежність між забрудненням атмосфери і скороченням чисельності певних видів лишайників.

На рис. 3 наведена програма дослідження.

2.2. Методика визначення відносної чистоти атмосфери методом ліхеноіндикації

Кожна природна система має свою реакцію на природні, антропогенно-модифіковані та антропогенні фактори навколишнього середовища, яка відбивається в просторі і в часі. Час і простір відповідної реакції залежать і від реагуючої, і від индукуючої систем. Тому правомірно всі природні системи називати природними індикаторами [43].

Особливості використання лишайників для цілей біоіндикації. Все необхідне для життя лишайники отримують із повітря й атмосферних опадів,

і при цьому не мають спеціальних пристосувань, що запобігають надходженню в їхні тіла різних забруднювачів. Талом лишайника не має кутикули, тому поглинання елементів проходить дуже швидко, і шкідливі речовини легко накопичуються без можливості виділення. Надходячи в талом, такі сполуки руйнують хлоропласти водоростей, рівновага між компонентами лишайника порушується, і організм гине. Тому багато видів лишайників швидко зникають з територій, зазнають значного забруднення атмосферного повітря. Таким чином, лишайники є ідеальним об'єктом біоіндикації якості атмосферного повітря.

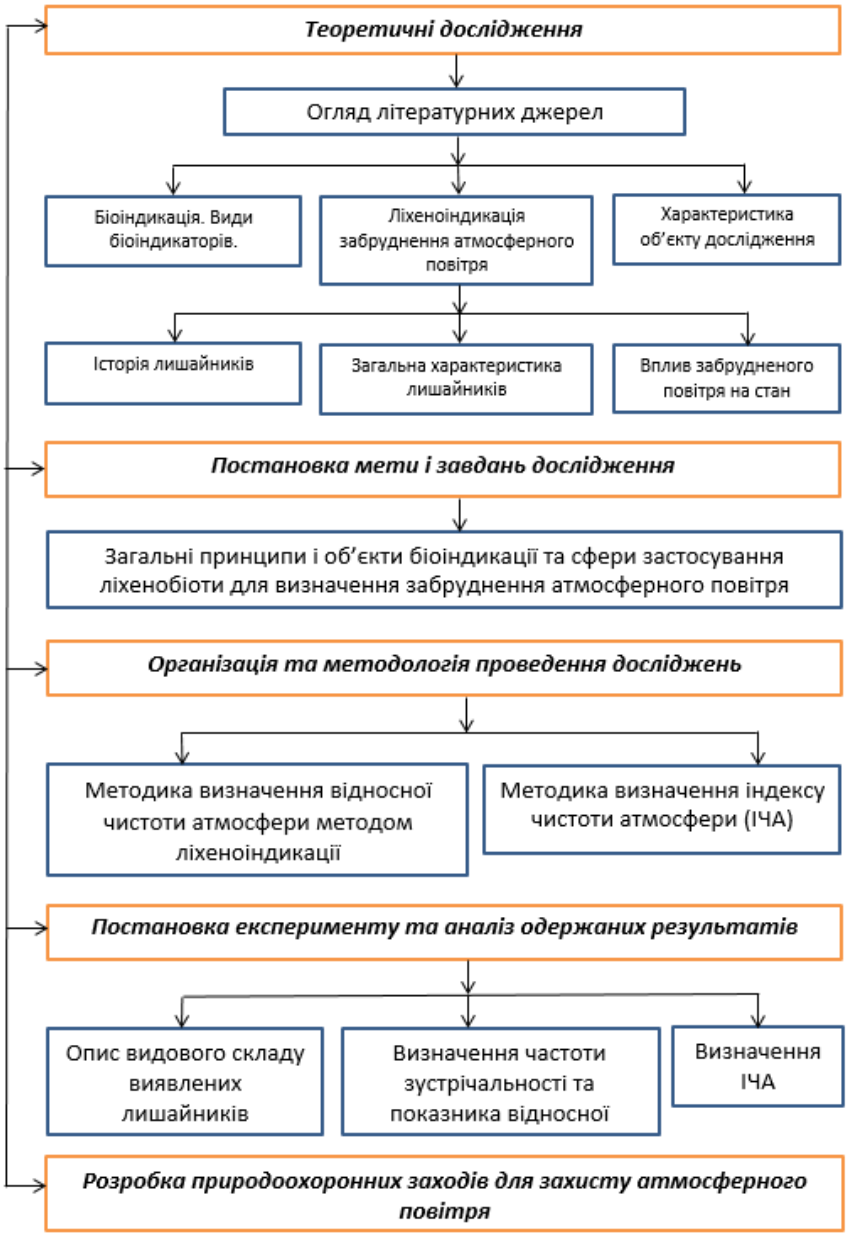

Рис 3 – Програма дослідження

Вимогливість лишайників до чистоти повітря зростає в ряді «накипні → листуваті → рунисті». Тобто самими витривалими і толерантними є накипні лишайники [44, 45]. Листуваті проявляють середню чутливість до забруднення повітря, а рунисті лишайники зникають при перших симптомах забруднення.

Метод оцінки забруднення атмосферного повітря за допомогою лишайників одержав назву *ліхеноіндикація*. У ліхеноіндикації використовуються методи пасивного й активного спостереження [46 – 52].

В процесі пасивного спостереження вивчають кількість лишайників та їх видів, а також розміри покриття лишайниками поверхні субстрату в природному біотопі. При активному спостереженні ступінь забруднення атмосферного повітря шкідливими речовинами оцінюють за кількістю ушкодженого талому (% від загальної площі лишайника) і за вмістом забруднюючих речовин у слані лишайника [46 – 64].

Опис методу визначення забруднення атмосферного повітря

Обирають район для дослідження й складають його карту з нанесенням ТЕС, заводів, потужних підприємств та великих автомагістралей. Розбивають досліджувану територію на квадрати розміром 10х10 м, 20х20 м, 50х50 м, 100х100 м (залежно від мети дослідження й розрідженості насаджень). У нашому випадку район, тобто паркову зону було поділено на 4 квадрати У кожному квадраті вибирають 10 старих, але здорових дерев, що ростуть окремо. На кожному дереві підраховують кількість видів лишайників. При цьому, точну назву видів знати не обов’язково – досить відрізняти їх за формою талому [43, 44].

Потім проводять оцінку ступеня покриття деревного стовбура лишайником. Для цього на висоті 30−150 см на найбільш зарослу лишайниками частину кори дерева накладають рамку з розмірами 10х10 см і клітками 1х1 см (палетку). Підраховують, який відсоток загальної площі рамки займають лишайники.

Крім дерев, додатково можна досліджувати заростання лишайниками

каменів, ділянок ґрунту, стін будинків і т.д. Отримані результати заносять в таблицю.

Потім підраховують частоту зустрічаємості кожного виду лишайників за формулою:

$$A^{виду} = \frac{m^{виду}}{n} \cdot 100, \% \quad (1)$$

Де $m^{виду}$ – кількість лишайників даного виду; n – загальна кількість дерев у досліджуваному квадраті (у нашому випадку n=10).

Визначають середній ступінь покриття площі рамки лишайниками кожного виду за формулою:

$$S^{виду} = \frac{1}{n}\sum S_i, \% \quad (2)$$

Де S_i – ступінь покриття площі рамки лишайниками окремого дерева, %.

Після цього кожному отриманому значенню частоти зустрічальності лишайників певного виду $A^{виду}$ й ступеню їхнього покриття $S^{виду}$ привласнюють свій умовний бал оцінки: відповідно $a^{виду}$ й $s^{виду}$ за шкалою наведеною у табл. 3.

Таблиця 3 – Оцінка частоти зустрічальності й ступеня покриття лишайниками за п’ятибальною шкалою

Умовний бал оцінки	Частота зустрічальності		Ступінь покриття	
	значення, %	Оцінка	значення, %	Оцінка
1	0-5,0	дуже рідко	0-5,0	дуже низький
2	5,1-20,0	Рідко	5,1-20,0	Низький
3	20,1-40,0	Рідко	20,1-40,0	Середній
4	40,1-60,0	Часто	40,1-60,0	Високий
5	60,1-100	дуже часто	60,1-100	дуже високий

Для кожного виду лишайників обчислюють середній умовний бал частоти зустрічальності й ступеню покриття за формулою:

$$M^{виду} = \frac{a_i^{виду} + S_i^{виду}}{2} \quad (3)$$

Після цього визначають показник відносної чистоти атмосфери:

$$Q = \frac{M^{Н}+2\cdot M^{Л}+3\cdot M^{К}}{30} \quad (4)$$

Де $М^{Н}$, $М^{Л}$, і $М^{К}$ – середній умовний бал частоти зустрічальності й ступеню покриття накипних, листуватих і рунистих лишайників, відповідно.

За даним показником згідно шкали, наведеної в табл. 4, роблять висновки щодо ступеня забруднення атмосферного повітря.

Таблиця 4 – Шкала оцінки забруднення атмосферного повітря за результатами ліхеноіндикації

Показник відносної чистоти атмосфери Q	Оцінка забруднення
0,0-0,20	сильне («лишайникова пустеля»)
0,21-0,40	досить сильне
0,41-0,60	Середнє
0,61-0,80	Незначне
0,81-1,0	забруднення відсутнє

2.3. Методика визначення індексу чистоти атмосфери (ІЧА)

Одночасно при вимірах відзначалися показники життєдіяльності виявлених лишайників: пригніченість таллома, ураження водоростями, некроз, присутність молодих талломів, а також наявність на корі дерев в кожному обраному районі нітрофільної водорості плеврококка. Наявність плеврококку вказує на підвищений вміст сполук азоту в повітрі [50].

Потім відсоток проективного покриття для кожного виявленого виду і усереднювався по дереву для чотирьох сторін світу:

$$f_{д} = \%_{п} + \%_{с} + \%_{п} + \%_{з}/4 \quad (5)$$

Далі по всім деревам загалом:

$$f_{і} = \sum f_{д}/10 \quad (6)$$

Значення $f_{д}$ і $f_{і}$ округлювалися до цілих. При отриманні величини менше 1, ці параметри приймалися рівними одиниці.

Розрахунок загальноприйнятого індексу чистоти атмосфери Деслувера-Лебланка (ІЧА) враховує тільки число видів і величину проективного покриття, що може призвести до необ'єктивної оцінки екологічної ситуації.

Так як лишайники є індикаторами довготривалого впливу забруднюючих речовин, наявність молодих талломів показує поліпшення ситуації в недавньому минулому, а пригніченість або некроз вказують на посилення ситуації. Тому вважається правильним внести до формули розрахунку ІЧА підвищувальні та понижувальні коефіцієнти, чисельні значення яких мають умовну величину.

Розрахунок модифікованого індексу чистоти атмосфери Деслувера-Лебланка за формулою:

$$\text{ІЧА} = n \cdot k_{\text{вп}} \cdot \sum(f_i k_i k_y k_{\text{н}} k_{\text{в}} k_{\text{м}}) \quad (7)$$

де n - кількість виявлених видів у даному районі; $k_{вп}$ - коефіцієнт присутності в районі обстеження нальоту плеврококка (квп = 0,8 - плеврококг присутній, $k_{вп}$ = 1 - плеврококк відсутній); $\sum$- сума по і від 1 до n; f_i - усереднений відсоток по району для виду і; k_i - коефіцієнт відносної токсифобності виду; він показує відносну чутливість виду до забруднювачів, зокрема до SO_2; чим чутливіший вид, тим вище значення коефіцієнта; значення k_i і кодові позначення видів лишайників наведені в табл. 5.

Таблиця 5 – Коефіцієнт токсикофобності деяких видів лишайників (за SO_2)

Латинська назва	Українська назва	Код	К
Physcia stellaris	Фісція зірчаста	ФЗ	1
Physcia purverulenta	Фісція припудрена	ФП	1
Xanthoria parietina	Ксанторія настінна	КН	1,2
Lecanora subfuscata	Леканора коричнева	ЛК	1,2
Psora ostreata	Псора устрична	ПУ	1,6
Phycia cillata	Фісція щетиниста	ФЩ	1,8
Candelariella vitelline	Канделяріелла жовточна	КЖ	2
Lecanora varia	Леканора мінлива	ЛМ	2
Parmelia sulcate	Пармелія борозниста	ПБ	2,6
Hypogymnia physodes	Гипогімнія роздута	ГР	2,8
Cetraria pinastri	Цетрарія соснова	ЦС	3
Cladonia pyxidata	Кладонія криночковидна	КК	3

Parmeliopsis ambigua	Пармеліопсис сумнівний	ПС	3
Cetraria glauca	Цетрарія сиза	ЦС	3,6
Parmelia olivacea	Пармелія оливкова	ПО	3,8
Evernia prunastri	Евернія сливова	ЕС	4,2
Usnea hirta	Уснея жостка	УЖ	4,4

Визначення належності досліджуваного району до одної із семи зон забруднення повітря і приблизний інтервал концентрацій SO_2 за табл. 6

Таблиця 6 – Ліхеноіндикаційна шкала Трасса

Назва	Ліхенічна характеристика	SO_2, мг/м^3
Сильно забруднене повітря	Лишайники відсутні	Більше 0,17
Забруднене повітря	Фісція сильно пригнічена	0,15 - 0,17
Знижено забруднене повітря	Фісція по стовбурах дерев, з'являється ксанторія	0,1 – 0,15
Помірно забруднене повітря	Ксанторія по стовбурах дерев, з'являється пармелія	0,05 – 0,1
Відносно забруднене повітря	Пармелія по стовбурах дерев, з'являється гіпогімнія	0,04 – 0,05
Чисте повітря	Зявляються кущисті лишайники, в т. ч. і евернія	0,02 – 0,04
Дуже чисте повітря	Звичні кущисті лишайники, в т.ч. уснея	Менше 0,02

Перевірити правильність розрахунку ІЧА та вибору зони забруднення за табл. 7

Таблиця 7 – Співвідношення значень ІЧА та зон забруднення

Зона	ІЧА
0	0
I.	0-5
II.	5-25
III.	25-50
IV.	50-100
V.	100-250
VI.	Більше 250

Програма експериментальних досліджень передбачає збір необхідної інформації та обгунтування оптимальних методик для вирішення задач

повязаних із забудненням атмосферного повітря на досліджуваній території. При цьому основними завданнями експериментальних досліджень є: верифікація теоретичних принципів і тверджень, що визначають характер і структуру процесів проектування; оцінка адекватності розроблених моделей при оптимізації параметрів запропонованих технічних рішень і експериментальне підтвердження їх ефективності.

Підібрані методи дослідження індикації атмосферного повітря з допомогою ліхенобіоти дозволять якнайповніше оцінити стан основних змін, що відбуватимуться у навколишньому середовищі, якщо не вжити конкретних заходів для відтворення і збереження початкового стану.

РОЗДІЛ 3
ОЦІНКА ЯКОСТІ АТМОСФЕРНОГО ПОВІТРЯ МЕТОДОМ ЛІХЕНОІНДИКАЦІЇ

3.1. Опис видового складу виявлених лишайників

Екологічний аналіз лишайників проводили за синтетичною схемою, при розробці якої за основу взяли систему екологічного аналізу рослин, запропоновану у першому томі «Екофлори України» а також використали класифікаційні схеми зарубіжних авторів [7-10, 46 – 64]. Лишайники класифікували за такими характеристиками:

1. *За субстратом:* більшість епігейних лишайників можуть рости не тільки на ґрунті, але і на таких субстратах, як рослинні рештки, мохи, відкриті корені дерев, на вкритих мохами скелях і корі дерев, переважно при основі стовбурів, серед мохів на болотах, на кам'янистих розсипах, камінні різних типів, на гнилій деревині тощо.

2. *За відношенням до кислотності субстрату:* ацидофіли – лишайники від дуже кислих до кислих субстратів; субацидофіли – організми слабокислих субстратів; нейтрофіли – види нейтральних субстратів; базофіли – лишайники лужних субстратів; гіпербазофіли – види, що ростуть на дуже лужних субстратах. Види, що ростуть на субстратах із різним pH, відносили до групи евріонів.

3. *За відношенням до вологості субстрату й оточуючого середовища:* гігрофіти – лишайники сирих лісових і болотних екотопів; гігромезофіти – види вологих лук та лісів; мезофіти – рослини помірно зволожених екотопів; субксерофіти – організми сухих лук і лісових екотопів; ксерофіти – види сухих пустельних або степових екотопів.

4. *За відношенням до режиму освітлення:* ультрасціофіти – види, що ростуть у сильно затінених місцях (умови освітлення від 1 до 3%); сціофіти – у затінених місцях (умови освітлення від 3% до освітлених місць); гемісціофіти – у місцях із дифузним освітленням, але уникають прямого

сонячного світла (умови освітлення вище 10% і до повного освітлення); субгеліофіти – ростуть на освітлених місцях, хоча можуть рости і при частковому затіненні; геліофіти – ростуть при повному освітленні та витримують затінення до 40%. Види, що ростуть за дуже різних рівнів освітлення, відносили до групи фотоіндиферентних лишайників.

При проведенні екологічного аналізу ліхенофлори особлива увага надається еколого-субстратним групам, оскільки саме субстрат для більшості лишайників є головною умовою їх існування і в значній мірі впливає на особливості їх поширення.

Розподілення всіх видів лишайників представлених на території парка культури і відпочинку ім. М. Горького за типами субстратів, на яких вони зростають можна зробити наступним чином: на території парку переважають епілітні типи лишайників (45%). Це пов’язано з великою кількістю відслонень карбонатних та силікатних порід. На другому місці за чисельністю (35%) – епіфітні типи лишайників, що зростають в основному на корі дерев та чагарників напівчагарників. Третє місце за кількістю видів займають епігейні лишайники (11%). Найменшим видовим різноманіттям характеризуються ліхенофільні лишайники (5,8%) та епібріофіти (3,2%) [21, 24].

За біоморфологічними характеристиками видовий склад лишайників парку відповідає такимжиттєвим формам:

1) Ендолітна життєва форма – характеризується сланню, яка розвивається всередині кам’янистого субстрату, на поверхні субстрату утворюються лише плодові тіла. А.М. Окснер виділяє крім ендолітної ще геміендолітну слань, яка розвиває на поверхні субстрату несправжній коровий шар та зону водоростей, а в середині субстрату розвивається серцевинний шар та шар гіфів. Геміендолітну слань має *Polysporina simplex*. А.М. Окснер зазначає, що на силікатних гірських породах справжніх ендолітних форм мало і у субстрат занурена лише ризоїдальна зона та частина серцевинного шару, а псевдо коровий шар, зона водоростей та

серцевинний шар розташовується на його поверхні, тобто лишайники є субендолітними. Ми виділили 10 лишайників, що мають ендолітну слань: *Caloplaca arenalia, Caloplaca erodens, Caloplaca lactea, Caloplaca marmorata* (рис. 4).

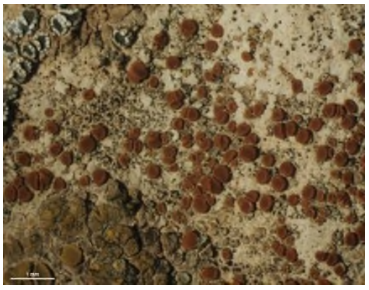

Рис. 4 – *Caloplaca marmorata*

2) Розсіченолопатева ризоїдальна життєва форма – слань має листувату форму, що нещільно кріпиться до субстрату ризинами, крайові ділянки вільні. Таку життєву форму мають: *Melanelixia fuliginosa, Parmelia sulcata, Phaeophyscia nigricans, Phaeophyscia orbiculares, Physcia adscendens, Physcia dimidiata, Physcia dubia, Physcia stellaris, Physcia tenella, Physconia grisea, Pleurosticta acetabulum, Xanthoparmelia pulla.*

Parmelia. Слань листувата, досить щільно прикріплена до субстрату, з широкими і вузькими плоскими, іноді піднятими, зверху матовим або блискучим, гладким або зморшкуватими, відрізняється забарвленими лопатями. Нижня поверхня з гумками, блискуча або матова, гладенька або зморшкувата. Апотеції розташовуються на верхній поверхні талому. Спори безбарвні, видовженої, еліптичної або широкоеліптичної форми. Аски восьмиспорові. Конідії прямі, веретеновидної або циліндричної форми (рис. 5).

а

б

Рис. 4 – Parmelia olivacea (а); Parmelia sulca (б)

3) Розсіченолопатева неризоїдальна життєва форма – слань у вигляді листовидної пластинки, розсіченої на широкі або вузькі лопаті, мають різні органи прикріплення, ніколи не утворюють ризини. На території заповідника така життєва форма характерна для: *Collema crispum, Collema cristatum, Collema tenax, Collema undulatum, Leptogium plicatile, Xanthoria parietina, Xanthoria polycarpa.*

Xanthoria. Таллом більше 3 см діаметром. Він являє собою сукупність правильних оранжево-жовтих розеток, що складаються з відносно великих, округлих по краях лопатей, схожих на плодове тіло гриба. У центрі таллома знаходяться численні апотеции, які зазвичай пофарбовані більш яскраво. Характерний колір надає лишайнику особливу речовину – первітин, яке у вигляді кристалів покриває гіфи корової шару. При слабкому освітленні він повністю втрачає помаранчевий колір і стає сірувато-зеленуватим. Лишайник росте на різних субстратах (корі дерев, обробленій деревині, скелях, каменях і т. д.). Він стійкий до забруднення повітря, тому може зустрічатися в містах (рис. 6).

Рис. 6 – *Жовта Xanthoria parietina*

4) Здутолопатева життєва форма – слань характеризується вузькими, дещо здутими лопатями, до субстрату приростає окремими невеликими ділянками. Серцевина пухка, або в середині лопатей утворюється порожнина. Ця форма включає три види: *Hypogimnia physodes, Hypogimnia tubulosa, Rusavsskia papillifera.*

Hypogimnia. Слань листувата або розетковидна, що підводиться,

прирісшими або звисаючими, зазвичай роздутими лопатями, забарвлена в жовто-зелені, сіро-зелені, жовто-бурі або сіро-білі тони. Нижня поверхня чорного або темно-коричневого кольору. Серцевина з повністю, білого кольору. Соредії розташовані по всій поверхні талому або тільки на кінцях лопатей. Изидії відомі лише у деяких видів. Апотеції розташовуються по всій поверхні слоевищ, на ніжках або сидячі. Пікнидії занурені у слань, чорного кольору. Спори еліптичної форми, гіалінові. Аски восьмиспорові (рис. 7).

Рис. 7 – *Hypogimnia physodes*

Physcia. Рід фісція містить широко поширені листуваті лишайники (170 видів), що ростуть на стовбурах дерев, деревині, мохах, скелях і каменях, рідше на землі. Багато з них досить витривалі до забруднення повітря і зустрічаються у містах (у парках, на кладовищах тощо). Слань у фісцій листувате, нерідко утворює правильні округлі розетки, зверху з коровим шаром, знизу з паралельно розташованими гіфами. Ці лишайники прикріплюються до субстрату густими ризоїдами. Апотеції леканорового типу. Спори темні, двох-, чотирьохклітинні. Приклад лишайників роду фісція наведено на рис. 8 і рис. 9.

Рис. 8 – Сіра Physcia adscendens

Рис. 9 – Physcia stelaris

3.2. Розрахунок частоти зустрічальності кожного виду лишайників та показника відносної чистоти атмосфери

Для проведення досліджень з ліхеноіндикації було обрано парк культури і відпочинку ім. М. Горького загальною площею 20 га [40,41]. Було складено карту району дослідження з нанесенням усіх будівель та доріг, що прилягають до паркової зони або знаходять всередині парку. Згідно з методикою, яка наведена Розділі 2, парк поділено на 4 квадрати розміром по 5 га. В кожному квадраті було обрано 10 не надто старих дерев, що ростуть окремо. На кожному дереві було підраховано кількість видів лишайників, потім проводилась оцінка ступеня покриття деревного стовбура

лишайниками [45]. Під час дослідження були отримані наступні експериментальні дані, занесені в таблиці (8; 9; 10 і 11)

Таблиця 8 – Результати ліхеноіндикації для 1 квадрата

Ознака	Дерева										
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	Всього
Кількість накипних лишайників	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	10
Кількість листуватих лишайників	3	2	2	1	1	2	2	1	1	3	18
Кількість рунистих лишайників	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Ступінь покриття площі рамки накипними лишайниками, %	100	0	100	100	100	100	100	100	100	100	900
Ступінь покриття площі рамки листуватими лишайниками	40	100	6	0	4	15	10	81	24	28	308
Ступінь покриття площі рамки рунистими лишайниками	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-

Таблица 9 – Результати ліхеноіндикації для 2 квадрата

Ознака	Дерева										
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	Всього
Кількість накипних лишайників	1	1	1	1	1	1	1	1	2	1	11
Кількість листуватих лишайників	2	2	1	3	2	1	-	-	1	1	13
Кількість рунистих лишайників	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Ступінь покриття площі рамки накипними лишайниками, %	100	80	11	100	100	100	40	100	50	60	830
Ступінь покриття площі рамки листуватими лишайниками	10	16	20	70	56	28	0	0	60	8	268
Ступінь покриття площі рамки рунистими лишайниками	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-

Таблиця 10 – Результати ліхеноіндикації для 3 квадрата

Ознака	Дерева										
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	Всього
Кількість накипних лишайників	1	2	1	1	1	-	1	1	1	-	9
Кількість листуватих лишайників	2	1	-	2	1	1	2	-	1	2	12
Кількість	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-

рунистих лишайників											
Ступінь покриття площі рамки накипними лишайниками, %	60	100	100	100	30	0	100	100	100	0	690
Ступінь покриття площі рамки листуватими лишайниками	30	8	0	54	35	54	27	0	56	70	334
Ступінь покриття площі рамки рунистими лишайниками	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-

Таблиця 11 – Результати ліхеноіндикації для 4 квадрата

Ознака	Дерева										
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	Всього
Кількість накипних лишайників	1	-	-	1	1	1	1	1	1	1	8
Кількість листуватих лишайників	2	2	2	2	1	2	1	1	1	1	15
Кількість рунистих лишайників	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Ступінь покриття площі рамки накипними лишайниками, %	40	0	0	100	100	100	100	0	100	100	640
Ступінь покриття площі рамки листуватими лишайниками	64	54	60	72	9	45	50	45	4	20	423
Ступінь покриття	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-

площі рамки рунистими лишайниками											

1. Частота зустрічальності кожного виду лишайників:

1 квадрат

$$А_Н = \frac{10}{10} \cdot 100 = 100\%$$

$$А_Л = \frac{18}{10} \cdot 100 = 180\%$$

2 квадрат

$$А_Н = \frac{11}{10} \cdot 100 = 110\%$$

$$А_Л = \frac{13}{10} \cdot 100 = 130\%$$

3 квадрат

$$А_Н = \frac{9}{10} \cdot 100 = 90\%$$

$$А_Л = \frac{12}{10} \cdot 120 = 100\%$$

4 квадрат

$$А_Н = \frac{8}{10} \cdot 100 = 80\%$$

$$А_Л = \frac{15}{10} \cdot 100 = 150\%$$

2. Середній ступінь покриття площі рамки лишайниками кожного виду:

1 квадрат

$$S_Н = \frac{1}{10} \cdot 900 = 90\%$$

$$S_Л = \frac{1}{10} \cdot 308 = 30{,}8\%$$

2 квадрат

$$S_Н = \frac{1}{10} \cdot 830 = 83\%$$

$$S_Л = \frac{1}{10} \cdot 268 = 26{,}8\%$$

3 квадрат

$$S_Н = \frac{1}{10} \cdot 690 = 69\%$$

$S_Л = \frac{1}{10} \cdot 334 = 33{,}4\%$

4 квадрат

$S_Н = \frac{1}{10} \cdot 640 = 64\%$

$S_Л = \frac{1}{10} \cdot 423 = 42{,}3\%$

3. Середній умовний бал частоти зустрічальності й ступеня покриття :

1 квадрат

$A_Н$=100% → $a_Н$=5 (дуже часто)

$A_Л$=180% → $a_Л$=5 (дуже часто)

$S_Н$=90% → $s_Н$=5 (дуже часто)

$S_Л$=30,8% → $s_Л$=3 (середній)

$M_Н = \frac{5+5}{2} = 5$

$M_Л = \frac{5+3}{2} = 4$

2 квадрат

$A_Н$=110% → $a_Н$=5 (дуже часто)

$A_Л$=130% → $a_Л$=5 (дуже часто)

$S_Н$=83% → $s_Н$=5 (дуже часто)

$S_Л$=26,8% → $s_Л$=3 (середній)

$M_Н = \frac{5+5}{2} = 5$

$M_Л = \frac{5+3}{2} = 4$

3 квадрат

$A_Н$=90% → $a_Н$=5 (дуже часто)

$A_Л$=120% → $a_Л$=5 (дуже часто)

$S_Н$=69% → $s_Н$=5 (дуже часто)

$S_Л$=33,4% → $s_Л$=3 (середній)

$M_Н = \frac{5+5}{2} = 5$

$M_Л = \frac{5+3}{2} = 4$

4 квадрат

$A_Н$=80% → $a_Н$=5 (дуже часто)

$A_Л$=150% → $a_Л$=5 (дуже часто)

$S_Н$=64% → $s_Н$=5 (дуже часто)

$S_Л$=42,3% → $s_Л$=4 (високий)

$M_Н = \frac{5+5}{2} = 5$

$M_Л = \frac{5+4}{2} = 4{,}5$

4. Показник відносної чистоти атмосфери:

$Q_1 = \frac{5+2\cdot4+3\cdot0}{30} = 0.43$

$Q_2 = \frac{5+2\cdot4+3\cdot0}{30} = 0.43$

$Q_3 = \frac{5+2\cdot4+3\cdot0}{30} = 0.43$

$Q_4 = \frac{5+2\cdot4.5+3\cdot0}{30} = 0.47$

Згідно оціночної шкали табл. 4 визначаємо, що атмосферне повітря на досліджуваній території парку культури і відпочинку ім. Горького має *середній рівень* забруднення.

3.3. Розрахунок індексу чистоти атмосфери (ІЧА)

1. Визначення проектного покриття для кожного виявленого виду, %

1 квадрат

$f_{д1} = \frac{140}{4} = 35\%$ $f_{д6} = \frac{115}{4} = 29\%$

$f_{д2} = \frac{100}{4} = 25\%$ $f_{д7} = \frac{110}{4} = 28\%$

$f_{д3} = \frac{106}{4} = 27\%$ $f_{д8} = \frac{181}{4} = 45\%$

$f_{д4} = \frac{100}{4} = 25\%$ $f_{д9} = \frac{124}{4} = 31\%$

$f_{д5} = \frac{105}{4} = 26\%$ $f_{д10} = \frac{128}{4} = 32\%$

$f_д = \frac{35+25+27+25+26+29+28+45+31+32}{10} = 30\%$

2 квадрат

$f_{д1} = \frac{110}{4} = 28\%$ $f_{д6} = \frac{128}{4} = 32\%$

$f_{д2} = \frac{96}{4} = 24\%$ $f_{д7} = \frac{40}{4} = 10\%$

$f_{д3} = \frac{120}{4} = 30\%$ $f_{д8} = \frac{100}{4} = 25\%$

$f_{д4} = \frac{170}{4} = 43\%$ $f_{д9} = \frac{110}{4} = 28\%$

$f_{д5} = \frac{156}{4} = 39\%$ $f_{д10} = \frac{68}{4} = 17\%$

$f_{д} = \frac{28+24+30+43+39+32+10+25+28+17}{10} = 28\%$

3 квадрат

$f_{д1} = \frac{90}{4} = 23\%,,$ $f_{д6} = \frac{54}{4} = 14\%$

$f_{д2} = \frac{108}{4} = 27\%\ ,$ $f_{д7} = \frac{127}{4} = 32\%$

$f_{д3} = \frac{100}{4} = 25\%\ ,$ $f_{д8} = \frac{100}{4} = 25\%$

$f_{д4} = \frac{154}{4} = 39\%\ ,$ $f_{д9} = \frac{156}{4} = 39\%$

$f_{д5} = \frac{65}{4} = 16\%,$ $f_{д10} = \frac{70}{4} = 18\%$

$f_{д} = \frac{23+27+25+39+16+14+32+25+39+18}{10} = 26\%$

4 квадрат

$f_{д1} = \frac{104}{4} = 26\%$ $f_{д6} = \frac{145}{4} = 36\%$

$f_{д2} = \frac{54}{4} = 14\%$ $f_{д7} = \frac{150}{4} = 38\%$

$f_{д3} = \frac{60}{4} = 15\%$ $f_{д8} = \frac{45}{4} = 11\%$

$f_{д4} = \frac{172}{4} = 43\%$ $f_{д9} = \frac{104}{4} = 26\%$

$f_{д5} = \frac{109}{4} = 27\%$ $f_{д10} = \frac{120}{4} = 30\%$

$f_{д} = \frac{26+14+15+43+27+36+38+11+26+30}{10} = 27\%$

2. Розрахунок ІЧА для кожного досліджуваного району:

$\text{ІЧА}_{1\ кв} = 4 \cdot 1(18 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 1 + 7 \cdot 1{,}2 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 1 + 4 \cdot 2{,}6 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 1 +$

$+1 \cdot 2{,}8 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 1) = 158$

$$ІЧА_{2\ кв} = 4 \cdot 1(15 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 1 + 5 \cdot 1{,}2 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 1 + 5 \cdot 2{,}8 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 1 +$$
$$+3 \cdot 3{,}8 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 1) = 186$$
$$ІЧА_{3\ кв} = 3 \cdot 1(12 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 1 + 8 \cdot 1{,}2 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 1 + 6 \cdot 2{,}6 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 1) =$$
$$= 112$$
$$ІЧА_{4\ кв} = 2 \cdot 1(18 \cdot 1{,}2 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 1 + 9 \cdot 2{,}6 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 1) = 90$$

Розрахунок ІЧА показав наступні результати наведені в табл. 12

Таблиця 12 – Результати розрахунку ІЧА

Район	Кількість видів лишайників	ІЧА	SO_2, мг/м^3	Зони забруднення повітря
1	4	158	0,02-0,04	5 – Чисте повітря
2	4	186	0,02-0,04	5 – Чисте повітря
3	3	112	0,02-0,04	5 – Чисте повітря
4	2	90	0,04-0,05	4 – Відносно забруднене повітря

Таки чином, зробивши всі необхідні розрахунки за методиками експериментальних досліджень можна зробити наступні висновки, що згідно оціночної шкали стало відомо, що атмосферне повітря на досліджуваній території парку культури і відпочинку ім. Горького має *середній рівень* забруднення. Також було проведено дослідження індексу чистоти повітря, яке показало, що у трьох із чотирьох районів (кв. 1, кв. 2, кв. 3) чисте повітря, а квадрат 4 за розрахунками показав результат, відносно забруднене повітря. Це може бути повязано з тим, що біля району розміщення квадрата 4 приблизно за 50 м знаходиться, ОАО «Одеський коровай» і ТЦ «Таврія», що працюють на газу, внаслідок чого в повітря вивільняються CO_2, NO_2 і SO_2, що згубно впливає на атмосферне повітря.

РОЗДІЛ 4
ОХОРОНА ПРАЦІ

4.1. Аналіз потенційно небезпечних та шкідливих факторів

У лабораторії проведено аналіз потенційно небезпечних і шкідливих виробничих факторів (ПН і ШВФ), що діють при проведенні цієї роботи [65].

До *фізичних факторів* в лабораторії належать:

– підвищена загазованість повітря робочої зони (можливе виділення газів при змішуванні різних речовин);

– підвищена температура поверхні обладнання (термостат, водяна баня, спиртівка);

– підвищена температура повітря робочої зони (горіння спиртівки, водяна баня);

– підвищена вологість повітря (водяна баня);

– понижена рухомість повітря (лаборант майже весь час знаходиться на одному й тому ж місці);

– підвищене значення напруги в електричній мережі, замикання якої може відбутися через тіло людини (термостат, водяна баня);

– гострий край, задирка та жорсткість на поверхні інструментів, обладнання (скляні колби, лабораторні циліндри, бюретки, піпетки).

Хімічні фактори: подразнюючі; токсичні.

Біологічні фактори: грибки і бактерії на обладнанні та руках лаборанта;

Психофізичні фактори :

– фізичне навантаження (статичне – довготривале положення тіла в одній і тій же позі);

– нервово – психічні перенапруги (монотонність праці).

Дія на людину шкідливого чинника протягом зміни може побічно привести до травми. *Наприклад*, монотонна праця через повторюваності одноманітних операцій супроводжується швидко наступаючим стомленням,

що призводить до зниження працездатності і притуплення уваги. Через те, що вся робота здійснюється стоячи, у працівників розвиваються так звані професійні захворювання, такі як варикозне розширення вен і плоскостопість.

4.2. Вимоги до охорони праці при організації робочого місця працівника

Лабораторія повинна бути [65]:

– обладнана центральним водяним опаленням;

– забезпечена питною водою;

– мати загальну припливно – витяжну вентиляцію та місцеву витяжку повітря на окремих технологічних ділянках (раковини для миття, витяжні та сушильні шафи, апаратуру з потужними джерелами світла, столи для знепилювання тощо);

– забезпечені протипожежним обладнанням згідно з НАПБ Б.01.006 – 2003.

Необхідно підтримувати умови мікроклімату, норми освітленості, шуму та вібрації відповідно до чинних гігієнічних вимог.

Лабораторне устаткування, робочі поверхні столів, стелажів, витяжних шаф, що призначені для роботи з пожежовибухонебезпечними речовинами, повинні мати негорюче покриття.

На робочих місцях треба зберігати тільки таку кількість матеріалів (у готовому для користування стані), яка не перевищує денної виробничої потреби. При цьому ємності з вогненебезпечними речовинами повинні бути щільно закритими.

Для роботи з кислотами, лугами та іншими хімічно активними речовинами слід застосовувати столи й шафи, виготовлені з матеріалів, стійких до їхньої дії.

До роботи зі шкідливими речовинами допускаються особи не молодші 18 років, які пройшли медичний огляд та інструктаж з охорони праці.

Під час роботи з хімічними речовинами необхідно користуватися халатами, гумовими рукавичками, захисними окулярами, респіраторами тощо.

Працівники лабораторій повинні знати властивості пожежовибухонебезпечних хімічних речовин і матеріалів, що застосовуються, і дотримуватися заходів безпеки під час роботи з ними.

4.3. Забезпечення нормативних значень показників мікроклімату і чистоти повітря

Несприятливі умови погіршують фізіологічний стан, знижують продуктивність праці, можуть привести до різних захворювань [65].

Робота в лабораторії відноситься до категорії легкої важкості (1б). Температура в холодний період року повинна 21 – 23 °С, відносна вологість – не більше 75%, швидкість руху повітря – 0,2 м/с, а в теплий період року відповідно 22 – 24°С, не більше 60%, 0,1 – 0,3 м/с .

Для забезпечення нормативних показників мікроклімату передбачено:

– опалювальна система, яка забезпечує допустимі показники мікроклімату. Одним з чинників, що роблять найбільший вплив на організм працюючих є низька температура. Для того, щоб лабораторія працювала в холодну пору року передбачається опалювальна система. Оптимальні величини температури 21 – 23^0С.

– для видалення надмірного тепла, шкідливих газів, водяної пари і пилу передбачена приточно – витяжна вентиляція. Вентиляція підрозділяється на природну і примусову.

В лабораторії в якості загально – обмінної вентиляції використовують природну.

Природна витяжна вентиляція застосовується в приміщеннях, які мають значні виділення тепла, і здійснюється за допомогою вентиляційних каналів, вікон.

4.4. Освітлення робочого місця, заходи і засоби для забезпечення нормованих показників освітлення.

Для забезпечення нормативної освітленості передбачено природне, штучне та змішане освітлення [65].

Природне освітлення:

– Передбачено природне освітлення бокове, здійснюване через світлові прорізи в зовнішніх стінах; верхнє – через лампи, комбіноване – поєднання верхнього і бічного природного освітлення.

– Для ефективного використання світлового потоку приміщення та обладнання забарвлене в світлий колір

– Для нормального проходження світлового потоку через вікна вони повинні бути вимиті один раз на місяць в санітарний день.

Штучне освітлення:

Штучне освітлення здійснюється за допомогою люмінісцентних ламп в кількості 6 штук. Природне освітлення – бічне трьохстороннє. Місцеве освітлення робочої зони відсутнє, що погано впливає на якість виконання роботи. Згідно з нормами рівня штучного освітлення для зони обслуговування розмножувальної техніки різних видів відповідають такі показники [104]:

Площину нормування освітленості – М – 0,8 м від підлоги;

Розряд зорових робіт – 3 В;

Загальне освітлення – 300 ЛК. (СанПін 2.2.2.1332 – 03).

Для зручності передбачені штори.

Згідно ДБН В.2.5 – 28 – 2006: характеристика зорової роботи високої точності, розряд зорової роботи – В, КПО – 3 %.

Підтримка освітлення у чистому виді забезпечується очищенням (миттям) віконних блоків не менше 2 разів на рік.

Відповідно до ДНАОП 0.00 – 1.32.01 відносно небезпеки поразки людей електричним струмом приміщення відноситься до приміщень без підвищеної небезпеки, у яких відсутні умови, що створюють підвищену або особливу

небезпеку.

4.5. Заходи і засоби для забезпечення нормованих значень шуму та вібрації.

Джерелом шуму в лабораторії є: – шум від ламп, шум, що утворюється під час роботи водяної бані [65].

Для забезпечення нормованих значень шуму і вібрації в лабораторії передбачені організаційні і технічні заходи.

Основні організаційні заходи:

– розміщення шумного устаткування в окремих приміщеннях;

– проведення санітарно-профілактичних заходів (раціональний режим праці).

Основні технічні заходи:

– використання фундаментів і віброізоляторів для віброактивного устаткування;

– віброзвукопоглинання (облицювання, спеціальні звукопоглиначі).

4.6. Забезпечення необхідного санітарного стану виробництва

Необхідний санітарний стан лабораторії досягається застосуванням наступних основних заходів і засобів [65]:

– миття і профілактична дезінфекція лабораторії, обладнання, інвентаря здійснюється за допомогою хлорного вапна, хлораміда Б, гіпохлорида кальцію, дезінсекція та дератизація;

– механічне очищення інвентаря;

– використання сіток на віконних отворах, липкого паперу для захисту від комах;

– зачинення отворів вентиляційних каналів захисними сітками;

– регулярне проходження працюючим персоналом медичних обстежень (один раз на рік);

– дотримання особистої гігієни лаборантами, а саме: використання

спеціального одягу, взуття та засобів індивідуального захисту тобто білого халату, шапочки або косинки, нарукавників, респіраторів і т.д., систематичного догляду за шкірою рук та інші.

4.7. Заходи і засоби для захисту працюючих від ураження електричним струмом.

Відносно небезпеки враження людей електричним струмом лабораторія відноситься до приміщень без підвищеної небезпеки, у якому відсутні умови, що створюють підвищену або особливу небезпеку [65].

Основними мірами по захисту від ураження електричним струмом в лабораторії є:

– забезпечення недоступності струмоведучих частин для випадкового доторкання;

– використання ізоляції струмоведучих частин;

– використання методів колективного захисту від ураження електричним струмом: захисного заземлення, занулення та автоматичного відключення;

– періодична перевірка опору заземлення;

– контроль та профілактика пошкоджень ізоляції.

4.8. Забезпечення пожежовибухобезпеки

Категорії приміщень лабораторій відносяться за пожежною, вибухо – пожежною та вибуховою небезпечністю до категорії В – Горючі гази (ГГ), легкозаймисті, горючі і важкогорючі рідини, а також речовини та матеріали, які здатні при взаємодії з водою, киснем повітря або один з одним вибухати і горіти або тільки горіти; горючий пил і волокна, тверді горючі та важкогорючі речовини і матеріали, за умови, що приміщення, в яких вони знаходяться (обертаються), не відносяться до категорій А, Б і питома пожежна навантага для твердих і рідких легкозаймистих та горючих речовин на окремих ділянках1 площею не менше 10 м^2 кожна перевищує 180 МДж/м^2

[65].

В лабораторії можуть виникнути такі класи пожеж : Клас А – пожежі твердих речовин, головним чином органічного походження, горіння яких супроводжується тлінням (деревина, текстиль, папір); клас В – пожежі горючих рідин або твердих речовин, що плавляться; клас (Е)* – пожежі, що пов’язані із горінням електроустановок.

Враховуючи класи пожеж та площу нашої лабораторії необхідно використовувати порошкові вогнегасники в кількості 2 штуки по 5 кг, або вуглекислотні вогнегасники в такій же кількості, (згідно з Типовими нормами належності вогнегасників НАПБ Б.03.001 – 2004).

Місце розміщення первинних засобів пожежогасіння зазначено в плані евакуації. На пожежному щиті розміщено вогнегасник, лом, вогнетривке покривало, напис з телефоном пожежної охорони і прізвище посадових осіб, відповідальних за пожежну безпеку. Стенд розміщений біля виходу з приміщення.

РОЗДІЛ 5
ЦИВІЛЬНИЙ ЗАХИСТ

Відповідно до законодавства, громадяни України мають право на захист свого життя і здоров'я від наслідків аварій, пожеж, стихійних лих і на вимогу від Уряду України, інших органів державної виконавчої влади, адміністрацій підприємств, установ і організацій незалежно від форм власності і господарювання гарантій щодо забезпечення його реалізації. Держава як гарант цього права здійснює захист населення від небезпечних наслідків аварій і катастроф техногенного, екологічного, природного та воєнного характеру [66].

Цивільний захист населення (ЦЗН) – система організаційних, інженерно – технічних, санітарно – гігієнічних, протиепідемічних та інших заходів центральних і місцевих органів виконавчої влади, органів місцевого самоврядування, підпорядкованих їм сил і засобів, підприємств, установ і організацій незалежно від форм власності, добровільних рятувальних формувань з метою запобігання і ліквідації надзвичайних ситуацій [105].

Балони із амоніаком використовуються в лабораторії для проведення певних експериментів, що потребують інколи спеціальних умов навколишнього середовища. На території лабораторії відбулася умовна аварія. Вибухнув балон із амоніаком літражем = 40Л (одиночне зберігання). Визначити характер руйнування лабораторії при надзвичайній ситуації. Балон із киснем знаходиться на відстані $R_{об}$ = 600 м від лабораторії.

Розрахунки:

1. Радіус зони детонаційної (бризантної) дії вибуху R1, що визначається за формулою:

$$R_1 = 17{,}5\sqrt[3]{M} \qquad (5.1)$$

де R1 – радіус зони детонаційної (бризантної) дії вибуху, м;

Так як 40 літрів можна перевести через коефіцієнт щільності у масу, для розрахунків буде враховуватися маса 57 т аміаку в балоні.

М – маса ГПС, ППС у резервуарі, кг. За М приймається 50 % вмісту резервуара при одиночному збереженні і 90 % – при груповому. В випадку із завданням , балон із аміаком тільки один, тому М приймаємо за 50%.

$$R_1 = 17{,}5\sqrt[3]{0{,}5*57} = 53{,}4 \text{ м}$$

2. Радіус зони дії продуктів вибуху (осколків) R2 об'ємного вибуху розраховуємо за формулою:

$$R_2 = 1{,}7 \bullet R_1, \tag{5.2}$$

де R2 – радіус зони дії продуктів вибуху (осколків), м;

$$R_2 = 1{,}7 \bullet 53{,}4 = 90{,}78 \text{ м}$$

3. Надмірний тиск $\Delta P_Ф$ у зоні розльоту продуктів вибуху дорівнює:

$$\Delta P_Ф = 1300 \cdot \left(\frac{R_1}{R_{об}}\right)^3 + 50, \tag{5.3}$$

де – надмірний тиск у зоні розльоту продуктів вибуху, кПа;

$R_{об}$– відстань від центру вибуху до об'єкта, м.

$$\Delta P_Ф = 1300 \cdot \left(\frac{90{,}78}{600}\right)^3 + 50 = 54{,}50 \text{ кПа}$$

4. Радіус дії R3 ударної хвилі визначається в залежності від формули:

$$R_3 = 12 * R_1, \tag{5.4}$$

де R_3 – радіус дії ударної хвилі, м;

$$R_3 = 12 * 90{,}78 = 1089 \text{ м}$$

5. Надмірний тиск $\Delta P_{ух}$ у зоні дії повітряної ударної хвилі обчислюється за формулою

$$\Delta P_{ух} = \frac{233}{\sqrt{1+0{,}41\left(\frac{R_{об}}{R_1}\right)^3 - 1}}, \tag{5.5}$$

де – надмірний тиск у зоні дії повітряної ударної хвилі, кПа.

$$\Delta P_{ух} = \frac{233}{\sqrt{1+0{,}41\left(\frac{600}{90{,}78}\right)^3 - 1}} = 21{,}41 кПа$$

Висновок. Дивлячись на розрахунки, надмірний тиск у зоні дії повітряної ударної хвилі = 21,41 *кПа* – ступінь руйнування об'єкту слабкий.

ВИСНОВКИ

1. На основі аналізу літературних джерел було охарактеризовано загальні принципи і об'єкти, розглянуті види та методи біоіндикації а також сфери застосування ліхенобіоти для визначення забруднення атмосферного повітря. Виявлено, що існують такі групи лишайників: епігейні (поселяються на піщаних і щебнистих грунтах), епіфітні (поселяються на деревах і чагарниках) та епілітні (поселяються на каменях і скелях).

2. Лишайники як біоіндикатори потрібні для моніторингу екологічних умов і використовуються для раннього попередження. Було виявлено, що лишайники дуже чутливі до таких параметрів навколишнього середовища, як температура, вологість, вітер і забруднювачі повітря, оскільки вони не мають судинної системи і тому пасивно поглинають воду та поживні речовини з навколишнього середовища. Видовий склад і зміни складу лишайників є дуже потужним інструментом для отримання інформації про зміни клімату, якості повітря та біологічних процесів. Лишайники реагують на зміни навколишнього середовища, відображаючи зміни в їх різноманітності, чисельності, морфології, фізіології, накопиченні забруднюючих речовин тощо. Основні загрози, такі як деградація та втрата середовища існування, фрагментація середовища існування, надмірна експлуатація, забруднення повітря та зміна клімату, які впливають на біорізноманіття в загальні також застосовні для лишайників. Завдяки цим унікальним особливостям лишайники можуть бути використані як відповідні індикатори продуктивності екосистеми та біорізноманіття.

3 Все необхідне для життя лишайники отримують із повітря й атмосферних опадів, і при цьому не мають спеціальних пристосувань, що запобігають надходженню в їхні тіла різних забруднювачів. Талом лишайника не має кутикули, тому поглинання елементів проходить дуже швидко, і шкідливі речовини легко накопичуються без можливості виділення. Надходячи в талом, такі сполуки руйнують хлоропласти

водоростей, рівновага між компонентами лишайника порушується, і організм гине. Тому багато видів лишайників швидко зникають з територій, що зазнають значного забруднення атмосферного повітря. Вимогливість лишайників до чистоти повітря зростає в ряді: накипні → листуваті → рунисті. Тобто самими витривалими і толерантними є накипні лишайники. Листуваті проявляють середню чутливість до забруднення повітря, а рунисті лишайники зникають при перших симптомах забруднення.

4. Проаналізовано якісні та кількісні характеристики епіфітної складової ліхенобіоти для індикації стану атмосферного повітря в обраному об'єкті дослідження. Підібрані методи дослідження індикації атмосферного повітря з допомогою ліхенобіоти дали якісну оцінку стану основних змін, що відбуваються у навколишньому середовищі. Розподілення всіх видів лишайників представлених на території парка культури і відпочинку імені М. Горького за типами субстратів, на яких вони зростають можна зробити наступним чином: на території парку переважають епілітні типи лишайників (45%). Це пов'язано з великою кількістю відслонень карбонатних та силікатних порід. На другому місці за чисельністю (35%) – епіфітні типи лишайників, що зростають в основному на корі дерев та чагарників напівчагарників. Третє місце за кількістю видів займають епігейні лишайники (11%). Найменшим видовим різноманіттям характеризуються ліхенофільні лишайники (5,8%) та епібріофіти (3,2%).

5. Здійснено порівняльний аналіз основних ліхеноіндикаційних діагностичних характеристик середовища, на основі одержаних даних розроблено методику дослідження. Як свідчать одержані дані згідно оціночної шкали атмосферне повітря на досліджуваній території парку культури і відпочинку ім. Горького має середній рівень забруднення. Також було проведено дослідження індексу чистоти повітря, яке показало, що у трьох із чотирьох районів (кв. 1, кв. 2, кв. 3) чисте повітря, а квадрат 4 за розрахунками показав результат, відносно забруднене повітря.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Клименко М. О., А. М. Прищепа, Н. М. Вознюк. "Моніторинг довкілля": Підручник К.: Вид. центр "Академія" , 2006. 360 с.

2. Біоіндикація та біотестування. URL: http://lubbook.org/book_570_glava_15_Tema%C2%A015.%C2%A0B%D1%96o%D1%96ndika.html (дата звернення: 25.08.23)

3. Дідух Я.П. Основи біоіндикації. К.: Наук. думка, 2012. 344с.

4. Барабаш О. В. Біоіндикація: словник-довідник. Київ : НТУ. 2017. 91 с.

5. Никифоров В. В., Дігтяр С. В., Мазницька О. В., Козловська Т. Ф. Біоіндикація та біотестування : навчальний посібник. Кременчук: Видавництво ПП Щенбатих О. В., 2016. 76 с.

6. Калінін М.І., Єлісєєв В.В. Біометрія: Підручник для студентів вузів біологічних та екологічних напрямків. – Миколаїв: Вид-во МФ НаУКМА. 2000. 204 с.

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

8. Пірогов С. В., Волгін С. О. Біоіндикаційні дослідження за епіфітною ліхенофлорою шпилькових і листяних дерев на Західній Україні. Біологічні студії. 2008. Т. 2, №1. С. 86–91.

9. Окснер А. М. Флора лишайників України. К. : Вид-во АН УРСР, 1956. Т. 1. 495 с.

10. Окснер А. М. Флора лишайників України. К. : Наукова думка, 1968. Т. 2. Ч. 1. 500 с.

11. Окснер А. М. Флора лишайників України. К. : Наукова думка, 1993. Т. 2. Ч. 2. 542 с.

12. Окснер А. М. Флора лишайників України. В 2-х т. Т.2., вип. 3. К. : Наукова думка, 2010. 663 с.

13. Barreno E. Lichens: a special case in biogeographical analysis. In:

Nimis P.L. (ed.). International Lichenological Newsletter. 1998 № 31. P. 18-20.

14. Ahti T., Oksanen J. Epigeic lichen communities of taiga and tundra regions. Vegetatio. 1990. № 86. P. 39-70.

15. Clauzade G., Roux C., Likenoj de Okcidenta Europo. Ilustrita Determinlibro. Bulletin de la Societè Botanique du Centre-Ouest, Nouvelle Série, Num. Spec. 7. Royan, France. 1985. 893 p.

16. Смеречинська Т. О. Нові для України види лишайників з природного заповідника "Медобори". Український ботанічний журнал. 2005. Т. 62, № 5. С. 719-725.

17. Геоботанічне районування Української РСР. К.: Наук. думка, 1977. 301 с.

18. Darmostuk V., Khodosovtsev A. Lichenicolous fungi of Ukraine: an annotated checklist. Kiev: Phytosociocentre. 2017. С. 138 – 156.

19. Purvis O. W., Coppins B.J., Hawksworth D.L., James P.W., Moore D.M. The lichen flora of Great Britain and Irland. Nat. His. Mus. Publ. London, 1992

20. Ходосовцев О.Є. Лишайники причорноморських степів України. К.: Фітосоціоцентр, 1999. 236 с

21. Вельчева Л. Г., Антоновська Л. В. Вивчення стану атмосферного повітря методом ліхеноіндикації. Екологія та ноосферологія. 2008. Т. 19, № 1-2. С. 182 – 185.

22. Ходосовцев О.Є. Лишайники кам'янистих відслонень Кримського півострова. Дис. .... доктора біолог. наук: 03.00.21 Київ, 2004. 812 с.

23. Федоренко Н. М, Кондратюк С. Я, Орлов О .О. Лишайники та ліхенофільни гриби Житомирської області. Київ-Житомир. 2006. 148 с.

24. Bleeker P.M., Schat H., Vooijs R., Verkleij J. Ernst W. Mechanisms of arsenate tolerance in. Cytisus striatus New Phytol. 2003. № 157(10). P. 33 – 38.

25. Димитрова Л.В. Ліхеноіндикація атмосферного повітря м. Полтава. Укр. ботан. журн. 2008. Т. 65. № 1. С. 122 – 129

26. Димитрова Л.В. Урбаногрупи епіфітних лишайників та

особливості їх поширення. Укр. ботан. журн. 2008. Т. 65. № 3. С. 408 – 417

27. Димитрова Л. В. Ліхеноіндикація забруднення атмосферного повітря м. Києва. Укр. ботан. журн. 2008. Т. 65. № 4. С. 572 – 585

28. Зеленко С.Д. Ліхеноіндикаційна оцінка забрудненості повітря м. Чернігова. Укр. ботан. журн. 1999. Т. 56. № 1. С.64 – 67

29. Conti M. E. Lichens as bioindicators of air pollution. Biological Monitoring: Theory & Applications. Transactions on State of the Art in Science and Engineering. 2008. Vol 30. P. 111 – 162

30. Кондратюк С.Я. Безніс Н.Г. Особливості поширення токситолерантного лишайника Lecanora coniozaeoides на Україні. Укр. ботан. журн. 1990. Т. 47. № 1. С.33 – 36

31. Кондратюк С.Я., Солоніна Е.Ф. Scoliciosporum chlorococcum (Graewe ex Stenhammer) Vezda - токситолерантний лишайник України. Укр. бот. журн. 1990. № 3. с. 37 – 41.

32. Conti M.E., Cecchetti G. Biological monitoring: lichens as bioindicators of air pollution assessment – a review. Environmental Pollution. 2001 № 114. P. 471 – 492.

33. Schonbek H. Influence of air pollution (SO_2) on transplanted lichens. Naturwissenshaften. 1968. № 55(9). P. 451 – 452.

34. Galun M., Ronen R. Interaction of lichens and pollutants. CRC Handbook of Lichenology. 1988. № 3. P. 55–72.

35. Szczepaniak K., Biziuk M. Aspects of the biomonitoring studies using mosses and lichens as indicators of metal pollution. Environmental Research. 2003. № 93(3). P. 221–230.

36. Kondratyuk S.Y. Lichen indication mapping of air pollution in Ukraine. Ukr.bot.journ. 1994. № 51. P. 148 – 153.

37. Palmieri F., Neri R., Benco C., Serracca L. Lichens and moss as bioindicators and bioaccumulators in air pollution monitoring. Journal of Environmental Pathology, Toxicology and Oncology. 1997. № 16 (2–3). P. 175 – 190.

38. Nimis P.L., Lazzarin A., Lazzarin G., Gasparo D. Lichens as bioindicators of air pollution by SO_2 in Veneto region (NE Italy). Studia geobotanica. 1991. № 11. P. 3-76.

39. Mikhaylov A. Lichens as indicators of atmospheric pollution in urban ecosystems. Israel Journal of Ecology and Evolution. 2020. № 4. P. 26 – 39.

40. Парк культури і відпочинку ім. М. Горького. Історія. URL: https://odportal.com.ua/uliza/park/gorkogo.html (дата звернення: 18.09.23).

41. Парк культури і відпочинку ім. М. Горького. URL: http://park-gorkogo.od.ua (дата звернення: 18.09.23)

42. Архіпова Г. І., Ткачук І. С., Глушков Є. І. Аналіз впливу відпрацьованих автомобільних газів на стан атмосферного повітря в густонаселених районах. Вісник НАУ. 2009. № 1. С. 78 – 83

43. Holt E.A., Miller S.W. Biological indicators using organisms to measure environmental impacts. Nature. 2010. № 3. P. 8 – 13.

44. Назарова Р.І., О. М. Коновалов, Т.В. Догадіна, О.С. Горбулін, Л.П. Снагощенко, Р.А. Яковлєва. Фізико-хімічні та біологічні методи вивчення довкілля: Навчальний посібник. Х.: «Міськдрук», 2010. 418 с.

45. Vertika S., Upreti D., Bajpai R. Lichens to Biomonitor the Environment. India : Springer New Delhi. 2013. 185 p.

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

47. Лялюк О. Г., Ратушняк Г. С. Моніторинг довкілля: навчальний посібник. Вінниця: ВНТУ, 2004. 140 с.

48. Barr DB. Biological Monitoring: Theory and Applications – Bioindicators and Biomarkers for Environmental Quality and Human Exposure Assessment. Boston : WIT Press. 2008. 228 p.

49. Sawidis T., Breuste J., Mitrovic M., Pavlovic P., Tsigaridas K. Trees as bioindicator of heavy metal pollution in three European cities. Environmental pollution. 2011. № 159. P. 3560-3570.

50. Kalinovic T.S., Serbula S.M., Radojevic A.A., Kalinovic J.V.,

Steharnik M.M., Petrovic J.V. Elder, linden and pine biomonitoring ability of pollution emitted from the copper smelter and the tailings ponds. Geoderma. 2016. №262. P. 266 – 275.

51. Tarricone K., Wagner G., Klein R. Toward standardization of sample collection and preservation for the quality of results in biomonitoring with trees. Ecological indicators, Germany. 2015. № 57. P.341 – 359.

52. Khan R.R., Siddiqui M.J.A., Review on effects of Particulates; Sulfur Dioxide and Nitrogen Dioxide on Human Health, Int. Res. J. Environment Sci. 2014. № 3(4). P. 70-73.

53. Kosiba P. Biomonitoring of air reactions of mosses in conditions of pollution with industry emissions. Bot U Wroc. 2004. № 3. P. 74 – 77.

54. Sloof J.E. Lichens as quantitative biomonitors for atmospheric trace-element deposition, using transplants. Atmospher Environ. 1995. № 29. P. 11-20.

55. Garty J., Kauppi M., Kauppi A. The influence of air pollution on the concentration of airborne elements and on the production of stress-ethylene in the lichen Usnea hirta (L) Weber em Mot transplanted in urban sites in Oulu, N Finland. Arch Environ Contam Toxicol. 1997. № 32. P. 285 – 290.

56. Gonzalez C.M., Orellana L.C., Casanovas S.S., Pignata M.L. Environmental conditions and chemical response of transplanted lichen to an urban area. J Environ Manage. 1998. № 53. P. 73-81.

57. Jensen M., Chakir S., Feige G.B. Osmotic and atmospheric dedratation effects in the lichens Hypogymnia physodes, Lobaria pulmonaria, and Peltigera aphthosa: an in vivo study of the chlorophyll fluorescence induction. Photosynthetica. 1999. № 37(3). P. 393 – 404.

58. Godinho R.M., Freitas M.C., Wolterbeek H.T. Assessment of lichen vitality during transplantation experiment to a polluted site. J Atmospher Chem. 2004. № 49 (1-3). P. 355 – 361.

59. Policnik H., Batic F., Cvetka RL. Monitoring of short-term heavy metal deposition by accumulation in epiphytic lichens (Hypogymnia physodes (L.) Nyl.). J Atmospher Chem. 2004. № 49. P. 223 – 230.

60. Garty J., Levin T., Lehr H., Tomer S., Hochman A. Interactive effects of UV-B radiation and chemical contamination on physiological parameters in the lichen Ramalina lacer. J Atmospher Chem. 2004. № 49. P. 267 – 289.

61. Bargagli R., Nimis P. Guidelines for the use of epiphytic lichens as biomonitors of atmospheric deposition of trace elements. In: Nimis, P. L., Scheidegger, C. & Wolseley, P. (eds) Monitoring with Lichens – Monitoring Lichens. NATO Science Series. Kluwer Academic Publishers. 2002. Pp. 295 – 300.

62. Lawrey J. D. A lichen biomonitoring program to protect resources in the National Capital Region by detecting air quality effects. Natural Resource Technical Report. National Park Service, Fort Collins, CO, USA 2011. 450 p.

63. Ричак Н. Л., Свистунова А. М. Оцінка якості атмосферного повітря урбосистеми методом ліхеноіндикації (на прикладі Дзержинського району міста Харкова). Вісник Харківського національного університету імені В. Н. Каразіна. 2013. № 1070. Серія «Екологія». Випуск 9. С. 74–83..

64. Бязров Л. Г. Лишайники в екологічному моніторингу. К.: Науковий світ, 2008. 336 с.

65. НПАОП 73.1-1.11-12. Правила охорони праці під час роботи в хімічних лабораторіях. Міністерство надзвичайних ситуацій України. 2012. 20 с.

66. Захист населення і територій від надзвичайних ситуацій. веб-сайт. URL: https://wiki.legalaid.gov.ua/index.php (дата звернення: 18.10.2023)