

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
ЗАПОРІЗЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ

БІОЛОГІЧНИЙ ФАКУЛЬТЕТ

Кафедра загальної та прикладної екології і зоології

Кваліфікаційна робота
магістра

на тему ОЦІНКА РІВНЯ АНТРОПОГЕННОГО НАВАНТАЖЕННЯ ЗА
ДОПОМОГОЮ *ROBINIA PSEUDOACACIA* ТА *PINUS SYLVESTRIS*
ASSESSMENT OF THE LEVEL OF ANTHROPOGENIC LOAD USING
ROBINIA PSEUDOACACIA AND *PINUS SYLVESTRIS*

Виконав: студент 2 курсу, групи 8.1012-д

спеціальності 101 Екологія

освітньо-професійної програми Екологія та охорона навколишнього середовища

Кононов Олександр Олегович

Керівник

доцент, доцент, к.с/г.н. Притула Н.М.

Рецензент

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

Запоріжжя 2023

ЗАПОРІЗЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ

Біологічний факультет

Кафедра загальної та прикладної екології і зоології

Рівень вищої освіти магістр

Спеціальність 101 Екологія

Освітньо-професійна програма Екологія та охорона навколишнього середовища

ЗАТВЕРДЖУЮ

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

О.Ф. Рильський

31 січня 2023 року

ЗАВДАННЯ

НА КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ СТУДЕНТОВІ

Кононову Олександрю Олеговичу

1. Тема роботи: Оцінка рівня антропогенного навантаження за допомогою *Robinia pseudoacacia* та *Pinus sylvestris* Assessment of the level of anthropogenic load using *Robinia pseudoacacia* and *Pinus sylvestris*

керівник роботи Притула Н.М., доцент, доцент, к.с.г.н.

затверджена наказом ЗНУ від 01 травня 2023 року № 644-с

2. Строк подання студентом роботи листопад 2023 року.

3. Вихідні дані до роботи: польові дослідження.

Зміст розрахунково-пояснювальної записки (перелік питань, які потрібно розробити): 1) За допомогою рослин-біоіндикаторів визначити антропогенне навантаження у м.Запоріжжя. 2) Проаналізувати ефективність рослин-біоіндикаторів. 3) Оцінити якість атмосферного повітря, використовуючи *Robinia pseudoacacia* L та *Pinus sylvestris*

Перелік графічного матеріалу (з точним зазначенням обов'язкових креслень): таблиць 2.1, 3.1-3.3: рисунків 2.1-2.5, 3.1-3.4.

6. Консультанти розділів роботи

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

7. Дата видачі завдання _____ 31 січня 2023 року _____

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ з/п	Назва етапів кваліфікаційної роботи	Строк виконання етапів роботи	Примітки
1.	Огляд літературних джерел. Написання відповідного розділу роботи.	Травень-Червень 2023 р.	Виконано
2.	Вивчення, засвоєння методик дослідження. Написання відповідного розділу роботи.	Червень-Серпень 2023 р.	Виконано
3.	Засвоєння правил техніки безпеки під час виконання експериментальної частини. Написання відповідного розділу роботи.	Серпень-Вересень 2023 р.	Виконано
4.	Проведення експериментальних досліджень. Оформлення результатів експерименту	Жовтень 2023р.	Виконано
5.	Оформлення кваліфікаційної роботи. Передзахист роботи.	Листопад 2023р.	Виконано
6.	Рецензування кваліфікаційної роботи	Грудень 2023р.	Виконано
7.	Захист кваліфікаційної роботи	Грудень 2023р.	Виконано

Студент _____

О.О. Кононов

Керівник роботи _____

Н.М. Притула

Нормоконтроль пройдено

Нормоконтролер

Н.М. Притула

ЗМІСТ

РЕФЕРАТ.....	5
ABSTRACT.....	6
ПЕРЕЛІК УМОВНИХ ПОЗНАЧЕНЬ, СИМВОЛІВ, ОДИНИЦЬ, СКОРОЧЕНЬ І ТЕРМІНІВ.....	7
ВСТУП.....	8
1. ЛІТЕРАТУРНИЙ ОГЛЯД.....	11
1.1 Біоіндикація, як метод дослідження стану навколишнього середовища.....	11
1.2 Основні принципи біоіндикації.....	15
1.3 Характеристика Робінії псеводакації (<i>Robinia pseudoacacia</i> L.).....	19
2. МАТЕРІАЛИ ТА МЕТОДИ.....	23
2.1 Оцінка стабільності розвитку деревних рослин за рівнем асиметрії морфологічних структур.....	23
2.2 Біоіндикація забруднення атмосферного повітря з використанням хвойних рослин.....	30
2.3 Флуктуаційний аналіз.....	33
3. ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНА ЧАСТИНА.....	38
4. ОХОРОНА ПРАЦІ ТА БЕЗПЕКА В НАДЗВИЧАЙНИХ СИТУАЦІЯХ.....	45
4.1 Правила поведінки під час збору проб рослинного походження.....	45
4.2 Правила безпеки під час використання електронних приладів.....	45
4.3 Правила поведінки на о.Хортиця.....	47
4.4 Правила пожежної безпеки в природних екосистемах.....	49
4.5 Рекомендації щодо профілактики захворювання на COVID-19.....	50
ВИСНОВКИ.....	57
ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ.....	59
ДОДАТКИ.....	63

РЕФЕРАТ

В роботі 60 сторінок, 4 таблиці, 9 рисунків, було використано 60 літературних джерел, із них 11 іноземною мовою.

Об'єктом дослідження є процес реагування деревних рослин (*Robinia pseudoacacia* та *Pinus sylvestris*) на зміни в антропогенно навантаженому середовищі.

Предметом дослідження є визначення забруднення у районах міста Запоріжжя.

Методи досліджень теоретичні, описові, експериментальні та порівняльні. Метою кваліфікаційної роботи є визначення впливу антропогенного навантаження на навколишнє середовище за допомогою рослин біоіндикаторів.

Теоретично та експериментально визначено: рівень забруднення у місті Запоріжжя, роль рослин-біоіндикаторів у визначенні антропогенного навантаження на середовище, ефективність фітоіндикаторів. Визначено ефективність робінії псевдоакації та сосни звичайної, як рослин біоіндикаторів.

БІОІНДИКАЦІЯ, ФІТОІНДИКАЦІЯ, ФЛУКТУАЦІЙНИЙ АНАЛІЗ, ЯКІСТЬ
АТМОСФЕРНОГО ПОВІТРЯ

ABSTRACT

In the work 60 pages 4 tables, 9 pictures were used 60 literary sources, including 11 in a foreign language.

The object of the research is the process of response of woody plants (*Robinia pseudoacacia* and *Pinus sylvestris*) to changes in the anthropogenically loaded environment.

The subject of the study is determination of pollution in the districts of the city of Zaporizhzhia.

Research methods is theoretical, descriptive, experimental and comparative. The purpose of the qualification work is determining the impact of anthropogenic load on the environment using bioindicator plants. Theoretically and experimentally determined the level of pollution in the city of Zaporizhzhia, the role of bioindicator plants in determining the anthropogenic load on the environment, the effectiveness of phytoindicators. The effectiveness of *Robinia pseudoacacia* and *Pinus sylvestris* as bioindicator plants was determined.

BIOINDICATION, PHYTOINDICATION, FLUCTUATION ANALYSIS,
ATMOSPHERIC AIR QUALITY

ПЕРЕЛІК УМОВНИХ ПОЗНАЧЕНЬ, СИМВОЛІВ, ОДИНИЦЬ, СКОРОЧЕНЬ І ТЕРМІНІВ

Мм – міліметри

См – сантиметри

О – острів

М. – місто

М – метри

Град. – градуси

Зав. – Заводський

Хорт. – Хортиця

Дніпр. – Дніпровський

Шевч. – Шевченківський

Возн. – Вознесенівський

ПК – Персональний комп'ютер

ВСТУП

Стійкість екосистеми визначатися станом видів – едіфікаторов природного угруповання, від стану, яких залежить його подальше існування. Для лісових екосистем такими об'єктами є деревні рослини. Для біоіндикації вибирають найбільш чутливі до досліджуваних факторів біологічні системи або організми. Для дерев найкращим вегетативним органом вважається лист рослини.[1] Під антропогенним впливом у листі відбуваються морфологічні зміни (поява асиметрії, зменшення площі листкової пластини). Добрими біоіндикаторами в місті є листя берези, дерева з високими поглинаючими якостями [59].

Під час формування листової пластини, у міру накопичення токсичних речовин, відбувається гальмування ростових процесів, і деформація листа [1] . Після остаточного формування листових пластин на деревах, які відчувають високе техногенне навантаження, їх площі менше, ніж на деревах, які ростуть у більш сприятливих екологічних умовах.

Деревні породи, стають у ролі едіфікаторів і саме вони відіграють основну роль у створенні біосередовища і формуванні структури біоценозу. Рослинність нижніх ярусів відіграє підпорядковану роль щодо деревних порід, але для характеристики і визначення лісорослинних умов вона є або в рівнозначному, або в більш значущому положенні (особливо в штучно створених насадженнях) [4] . Але за будь-яких умов кожний конкретний вид має неперевершене значення. Втім, кваліфікований спеціаліст еколог визначаючи тип лісорослинних умов одночасно оцінює весь комплекс вказаних показників – і видовий склад, і співвідношення видів, і їх розміри, і зовнішній вигляд насадження. Важливе значення для ідентифікації типів лісорослинних умов має співвідношення тих чи інших видів на конкретній ділянці лісу. Цей показник вказує на потенційну продуктивність ґрунтів та ступінь їх вологості.

За допомогою рослин можна провести біоіндикацію всіх природних середовищ. Індикаторні рослини застосовуються для оцінювання механічного й

кислотного складу ґрунтів, їх родючості, зволоженості та засолення, ступеню мінералізації ґрунтових вод і ступеню забруднення атмосферного повітря газоподібними сполуками, а також для виявлення трофічних властивостей водою і ступеню їхнього забруднення полютантами [2]. Наприклад, на вміст у ґрунті свинцю вказують види костриці (*Festuca ovina*), мітлиці (*Agrostis tenuis*), цинку – відділ фіалки (*Viola tricolor*), купруму та кобальту – смольовка (*Silene vulgaris*), багато злаків та мохи [10].

Чутливі індикатори вказують на присутність забруднюючої речовини в повітрі або в ґрунті ранніми морфологічними реакціями – зміною забарвлення листя (поява хлорозів; жовте, буре чи бронзове забарвлення), різні форми некрозів, передчасним ув'яданням та опаданням листя [2]. У багаторічних рослин забруднюючі речовини спричиняють зміну розмірів, форму та кількість органів, напрямок росту пагонів або зміну плодючості [19]. Подібні реакції зазвичай неспецифічні.

Актуальність дослідження кваліфікаційної магістерської роботи полягає у тому, що Запоріжжя має велику ступінь забрудненості атмосферного повітря, тому постійний моніторинг стану довкілля є важливою складовою. Наявність доступних методів дослідження дає змогу перевіряти стан довкілля без залучення коштовного обладнання, що робить доступними такі дослідження.

Метою кваліфікаційної роботи є визначення впливу антропогенного на навколишнє середовище за допомогою біоіндикаторів.

Для досягнення поставленої мети було сформовано та виконано такі завдання:

- 1) Оцінити ефективність методів біоіндикації, встановити їх переваги та недоліки.
- 2) Проаналізувати ефективність робінії псевдоакації та сосни звичайної, як рослин – біоіндикаторів довкілля
- 3) Визначити антропогенне навантаження районів міста за допомогою рослинних біоіндикаторів

4) Проаналізувати залежність забруднення району міста від розташованих на ньому об'єктів, які впливають на оточуюче середовище за допомогою рослин-індикаторів

Об'єктом дослідження є процес реагування деревних рослин (робінія та сосна) на зміни в антропогенно-навантаженому середовищі.

Предметом дослідження є визначення забруднення у районах міста Запоріжжя

Методи дослідження: науковий експериментальний, системний аналіз, спостереження, порівняння.

Наукова новизна полягає у визначенні змін методами біоіндикації, які відбулися протягом 2022-2023 років, від результатів яких можна робити прогнозування розвитку екологічної ситуації у місті та впроваджувати необхідні заходи щодо її покращення

Значення результатів наукового дослідження полягає у можливості використання отриманих даних для розробки методів зниження антропогенного навантаження з урахуванням змін, які відбуваються у середовищі, а також для популяризації методів біоіндикації, як засобу спостереження за довкіллям.

Результати експериментальних досліджень кваліфікаційної роботи магістра можуть бути використані у змісті навчальних дисциплін:

- 1) Біоіндикація;
- 2) Моніторинг довкілля.

За матеріалами дослідження опубліковане у 2 друкованих працях: тези на тему Використання ШІ у сфері охорони довкілля та Використання штучного інтелекту у вирішенні проблем навколишнього середовища на прикладі Chat GPT, які опубліковані у збірнику Молода наука, 2022 [22].

1. ЛІТЕРАТУРНИЙ ОГЛЯД

1.1 Біоіндикація, як метод дослідження стану навколишнього середовища

У зв'язку з глибокою трансформацією природного середовища, що відбувається під дією антропогенного впливу, який за своїми масштабами вийшов на планетарний рівень, а за силою і швидкістю перевершує вплив природних факторів, загострюються і стають актуальнішими проблеми збереження екосистеми та біосфери в цілому. Це викликає першочергову потребу не тільки дослідження залежностей між зміною складових компонентів, оцінки цих змін, а й прогнозування наслідків як загального характеру, так і специфіки залежно від зональних та ландшафтних особливостей [21].

Завдяки розвитку кібернетики, біофізики, математики та інших наук були списані загальні закономірності функціонування екосистем і вважалося, що на основі такого підходу можна створити моделі, які не тільки відображатимуть глибокі структурні і організаційні аспекти екосистем, але й керуватимуть процесами розвитку цих екосистем [3]. Згідно з думкою названих вище авторів, такий шлях виявився безперспективним, хибним. Викликано це: по-перше, великою складністю екосистем і неповнотою знань залежностей між зміною екологічних факторів; по-друге, тим, що екосистеми – це системи відкритого типу, вони характеризуються емерджентністю – якісною зміною ознак, що визначає їх розвиток не циклічно, а по спіралі, у зв'язку з чим формування нових властивостей на вищих рівнях організації передбачити неможливо; по-третє, відсутності математичної мови, яка описувала б неврівноваженість екосистем [8].

Слід відзначити і те, що властивості екосистеми характеризуються змінами як по вертикалі, так і в часі (наприклад, хімічні властивості ґрунту змінюються протягом сезону). Тобто екологічну систему слід оцінювати в чотирьох вимірах, що неможливо здійснити сьогодні на сучасній обмеженій інструментальній базі [11].

У зв'язку з цим потрібна розробка принципово інших методик, які давали б можливість оцінювати екологічні фактори і стан екосистеми в цілому. На нашу думку, для такої оцінки перспективною є розробка методів фітоіндикації.

Рослинний покрив вже давно використовується для індикації природного середовища, оскільки він відіграє ключову роль у функціонуванні екосистем. З іншого боку, значимість рослинного покриву як індикатора стану екосистем полягає в тому, що він досить чутливо реагує на зміну екологічних факторів і така реакція в багатьох випадках фіксується візуально. Досить важливим є те, що він відображає емерджентний характер змін властивостей екосистем в залежності від рівнів їх організації [14].

Ці три ознаки (чутливість, візуальність, емерджентний характер змін рослинного покриву) визначають придатність фітоіндикації для екологічних досліджень, експертиз, прогнозування поведінки, стану і розвитку екосистем.

Основою фітоіндикаційної оцінки служать, з одного боку, екологічна специфіка видів, які зростають лише в певних визначених межах зміни будь-якого екологічного чинника, а з другого – тісний взаємозв'язок між біотичними і абіотичними складовими в системі, що визначає характер функціонування систем [14].

Хоча нерідко відмічається, що між рослинним покривом і ґрунтом немає прямої залежності, оскільки рослинне угруповання формує своє внутрішнє мікросередовище, котре в значній мірі визначає набір асептаторів та їх розподіл, проте взаємодія між рослинністю та ґрунтом дуже тісна і багатогранна, що прослідковується в кожному генетичному горизонті ґрунтового профілю [12]. Як вказує Л.І. Соболев, хоча кореневі системи рослин знаходяться в різних горизонтах ґрунту, на різній глибині, де різна забезпеченість вологою, киснем, солями і т.д., але таке співіснування видів в кінцевому підсумку і визначає характер кругообігу речовин в екосистемі, вплив їх на ґрунтоутворні процеси, взаємодію між горизонтами [24].

Таким чином, предмет фітоіндикації чітко окреслений – це оцінка екологічних чинників за допомогою ознак рослин. Проте сутність, можливості,

завдання фітоіндикації змінюються з розвитком цього наукового напрямку і розробкою нових методик. Розглянемо коротко сутність фітоіндикації, виходячи з різних позицій, поглядів різних авторів [28].

Фітоіндикаційні дослідження в сучасний період знаходяться на тому рівні інтенсивного розвитку, коли нові підходи, розробка нових методів в значній мірі змінюють обсяг і суть самого поняття, його визначення. Так С.В. Вікторов, Є.О. Востокова, Д.Д. Вишивкін вважали, що індикаційною геоботанікою слід називати той розділ геоботаніки, який вивчає теоретичні основи і практичні способи використання рослинного покриву та видів, які його формують, як індикаторів умов середовища. Таке визначення не можна вважати вдалим, оскільки воно не розкриває суті поняття, а індикація визначається через поняття індикатора [30].

Г. Штекер розглядає біоіндикацію як метод моніторингу оточуючого середовища, що є достатньо чутливим показником антропогенних чи модифікованих антропогенних впливів на оточуюче середовище за допомогою вивчення зміни величин (ознак) біологічних об'єктів і систем по відношенню до умов, які визначаються. Такий підхід в значній мірі звужує поняття фітондикації до антропогенних змін.

К. Шуберт визначає біоіндикацію як метод оцінки абіотичних і біотичних факторів місцезростань за допомогою біологічних систем. Таке широке визначення відбиває суть фітоіндикації, проте ми вважаємо необхідним внести деякі доповнення [14]. Зокрема, біоіндикація уже не може розглядатись як метод, бо складається з цілого ряду методів, і по суті, є науковим напрямком. Розширені поняття індикатора, в ранзі якого виступають не тільки власне біологічні системи, а й їх структури.

Виходячи з усього сказаного вище, ми розуміємо під фітоіндикацією науковий напрямок, суть якого полягає в оцінці екологічних факторів або екосистем, їх зміни за допомогою флористичних ознак [27]. При цьому поняття флористичні ознаки вживаються широко і включає, як властивості видів, рослинних угруповань, так і власне види або групи видів, рослинні угруповання їх кількісні відношення, відображення на картах, схемах тощо. Виходячи з цього,

індикаторами виступають не лише організми, їх угруповання, а й ознаки, функція яких корелює з певними факторами середовища чи структурою системи настільки, що вони можуть використовуватись для оцінки останніх [46].

Проблема адекватності індиката і індикатора досить складна, бо вона стосується відповідності змін між ними як у просторі чи часі, так і розмірності цих змін. Якщо індикат і індикатор змінюються в різних темпах, масштабах, то індикація можлива лише в певному діапазоні і в кінцевому підсумку втрачає суть [4].

Так, на основі дистанційної фітодіагностики, зокрема спектрозйомки, можлива оцінка продуктивності, фенологічного розвитку угруповань на ландшафтному і регіональному рівнях, і таку оцінку неможливо дати на основі індикаторів видового рівня чи ознак окремих видів. При дистанційних дослідженнях втрачається суть діагностики окремих видів, їх поведінки, оскільки, по-перше, немає гарантії, що саме цей вид діагностується, а не інший зі безлічі зростаючих, а по-друге - при зміні регіону може з'явитися ще на якийсь новий вид, який буде діагностуватись замість вибраного і т.д. [58].

Таким чином, при проведенні операцій фітоіндикації слід чітко уявляти можливості методу, допустимі межі його застосування і не абсолютизувати отриманні результати. Оскільки фітоіндикація відображає причинні взаємозв'язки, закономірності змін, організацію, поведінку окремих елементів систем, вона відіграє значну прогностичну роль [15].

Остання залежить від того, який ступінь точності, характер закономірностей, функцію поведінки можна індикувати. Разом з цим методи фітоіндикації потребують відповідної перевірки та взаємоконтролю, що здійснюється на основі системи експериментальних вимірів, лабораторних досліджень, теоретичних розрахунків тощо [5].

1.2. Основні принципи біоіндикації

Усі біологічні системи – організми, популяції та біоми – під час свого розвитку пристосовуються до складності певної території. Вони займають певну територію в біосфері, екологічну нішу, в якій знаходять оптимальні умови для виживання і де можуть нормально харчуватися і розмножуватися. Кожен організм має генетично детермінований, філогенетично набутий унікальний діапазон фізіологічної толерантності до кожного чинника, що на нього діє, у межах якого цей фактор йому підходить [16]. Якщо чинник характеризується надто низькою або надто високою силою, але ще не є смертельним, організм перебуває в стані фізіологічного песимізму. В області дослідження сили чинників, особливо сприятливих для конкретної особини, організм існує в фізіологічно оптимальних умовах. Існують різні форми біологічних індикаторів [7]. Якщо дві однакові реакції викликані різними факторами, то ми їх називаємо неспецифічними біологічними індикаторами. Якщо якась зміна може бути пов'язана тільки з одним фактором, то це специфічний біологічний індикатор. Біоіндикатор є чутливим, якщо він реагує зі значними відхиленнями від норми життєвих показників [17].

Накопичена біометрія акумулює дії без швидкого прояву порушень. Такі значні накопичення забруднення поступово перевищують нормальний рівень, найчастіше на рівні екофізіологічних або біомних процесів. У природі всі види біологічних індикаторів беруть участь у ряді реакцій і процесів, що відбуваються безперервно. Якщо антропогенний фактор діє безпосередньо на біологічний елемент, то мова йде про прямий біологічний індикатор. Але зазвичай біологічний індикатор можливий лише після зміни стану під впливом інших безпосередньо пов'язаних елементів. У цьому випадку ми маємо справу з непрямими біологічними індикаторами. Часто необхідно заздалегідь виявити біологічну дію антропогенного фактору, щоб на нього можна було впливати за відомих умов. Присутність 11 дуже чутливих біоіндикаторів приводить до ранньої індикації, коли реакція проявляється при мінімальних дозах за короткий проміжок часу і

проходить за короткий проміжок часу і проходить у місці дії фактору на елементарні молекулярні і біохімічні процеси [3].

Біологічні індикатори можна використовувати на різних рівнях біологічної організації (макромолекули, клітини, органи, організми, популяції, біоми). З підвищенням рівня організації біологічних систем зростає і їхня складність, оскільки водночас їхній зв'язок із факторами розташування стає дедалі складнішим [24]. При цьому біологічні індикатори нижчого рівня діалектично містяться в біологічних індикаторах вищого рівня, діючи на них з новою здатністю. Якщо на нижчих рівнях організації біологічної системи переважають прямі та більш поширені специфічні типи біологічних індикаторів, то на вищих – непрямі біологічні індикатори [9]. Через складність біологічних систем зазвичай можуть бути лише неспецифічні біологічні індикатори [25]. Однак саме тут відкривається підхід до визначення ролі комплексних навантажень і, таким чином, оцінки допустимих навантажень складних екосистем. Іноді біологічні індикатори, які легко використовувати на нижчих рівнях організації, стають настільки складними в більш складних системах, що стає неможливим розрізнити вплив одного фактора [53]. З іншого боку, біоіндикатори, виявлені на найвищому організаційному рівні, були пов'язані з відповідними змінами на попередніх рівнях. Цю закономірність слід враховувати при пошуку ранніх біологічних індикацій. Відповіді екосистем на стресові впливи часто сповільнені та сильно змінені порівняно з окремими організмами. Залежно від рівня організації біологічної системи можуть бути встановлені різні рівні біологічних показників. Для біоіндикації властиві в основному два методи – пасивний і активний моніторинг. В першому випадку у вільно живучих організмів вивчаються видимі або невидимі пошкодження чи відхилення від норми, які є ознаками стресового впливу. При активному моніторингу виявляють ті ж самі впливи на тест-організмах, які знаходяться в стандартних умовах на досліджуваній території [11]. Системи моніторингу, побудовані на основі дослідження поведінки рослин і тварин, дають змогу оцінити біологічні ефекти від впливу забруднення повітря, їх просторовий розподіл, можливе нагромадження на значних територіях. У деяких видів рослин і

тварин змінюються особливості розвитку (швидкість росту, процес цвітіння, утворення плодів, інтенсивність забарвлення та ін.) у відповідь на різні подразнюючі фактори. Ці властивості людство помітило уже давно і використовувало для практичних потреб. У зв'язку з загальною екологізацією різних наукових напрямів, людського мислення загалом методи біоіндикації усе частіше використовують сучасні науковці, зокрема і в моніторингу навколишнього середовища.

Біоіндикація – оперативний моніторинг навколишнього середовища на основі спостережень за станом і поведінкою біологічних об'єктів (рослин, тварин та ін.) [14]. Цей метод дедалі поширюється, оскільки рослини - індикатори мають такі переваги:

1. підсумовують біологічно важливі дані щодо навколишнього середовища;
2. здатні реагувати на короткочасні й залпові викиди токсикантів;
3. реагують на швидкість змін, що відбуваються в довкіллі;
4. вказують на місця накопичення забруднювачів та шляхи їх міграції;
5. дають змогу розробляти оцінки шкідливого впливу токсикантів на людину й живу природу на ранніх стадіях та нормувати допустиме навантаження на екосистеми.

Біоіндикація використовується в екологічних дослідженнях, як метод виявлення антропогенного навантаження на біоценоз. Метод біоіндикаторів заснований на дослідженні впливу екологічних факторів, що змінюються, на різні характеристики біологічних об'єктів і систем. У якості біоіндикаторів вибирають найбільш чуттєві до досліджуваних факторів біологічні системи або організми. Зміни в поведженні тест-об'єкта оцінюють у порівнянні з контрольними ситуаціями, прийнятими за еталон. Наприклад, при оцінці екологічного стану поверхневих вод у якості біоіндикаторів використовують спостереження за поведженням дафній, молюсків, деяких риб. Ряд рослин-індикаторів реагує на підвищені або знижені концентрації мікро- і макроелементів у ґрунті. Це явище використовується для попередньої оцінки ґрунтів, визначення можливих місць

пошуку корисних копалин. Один зі специфічних методів моніторингу забруднення навколишнього середовища – біоіндикація, визначення ступеня забруднення геофізичних середовищ за допомогою живих організмів, біоіндикаторів [14]. Живі індикатори не повинні бути занадто чуттєвими і занадто стійкими до забруднення. Необхідно, щоб у них був досить тривалий життєвий цикл. Важливо, щоб такі організми були широко поширені по планеті, причому кожен вид повинний бути присвячений до визначеного місцеперебування. Лишайники цілком відповідають усім цим вимогам. Вони реагують на забруднення інакше, чим вищі рослини. Довгостроковий вплив низьких концентрацій забруднюючих речовин викликає в лишайників такі ушкодження, що не зникають аж до загибелі їхніх сланей. Це, видимо, зв'язане з тим, що лишайники відновляють свої клітини дуже повільно, у той час як у вищих рослин ушкоджені тканини замінюються новими досить швидко [14]. Завдяки цілому ряду біологічних особливостей лишайники є добрими індикаторами зміни стану навколишнього середовища в умовах його забруднення двоокисом сірки, фторидами, лужним пилом, важкими металами. Біоіндикація має ряд переваг перед інструментальними методами. Вона відрізняється високою ефективністю, не вимагає великих витрат і дає можливість характеризувати стан середовища за тривалий проміжок часу. Фактори середовища досить строго визначають, які організми можуть жити в даному місці, а які не можуть. Враховуючи це, ми можемо використати обернену закономірність і судити про фізичне середовище організму, який в ньому проживає [11]. Так з'явився метод біоіндикації середовища, який особливо широко використовують у лісовій типології, фітоценології, а також для визначення рівня забруднення атмосферного повітря за допомогою лишайників (ліхеноіндикація), мохів (бріоіндикація) чи грибів (мікоіндикація) [29]. Отже, біоіндикатори – це група особин одного виду або угруповання, наявність, кількість або інтенсивність розвитку яких у тому чи іншому середовищі є показником певних природних процесів або умов зовнішнього середовища. Біологічну індикацію широко використовують сьогодні для оцінки забруднення навколишнього середовища, яке «усуває» з природних екологічних ніш нестійкі до факторів забруднення види нижчих і вищих рослин, а

також представників фауни. Біоіндикатори, біологічні індикатори – організми, присутність (наявність), кількість або інтенсивний розвиток яких є показником природних процесів або умов зовнішнього середовища. Так, скупчення рибоїдних птахів є показником біоіндикації місць, де водиться риба, за складом планктону можна передбачити, який буде вилов риби. За складом флори і фауни вод можна визначити придатність води для пиття та з'ясувати ефективність роботи очисних споруд [11]. За допомогою індикаторних рослин та мікроорганізмів можна дати орієнтовну оцінку якості ґрунту. Тварин, рослини, мікроорганізми, використовують при космічних дослідженнях як біоіндикатори для з'ясування впливу факторів космічного простору на організми.

1.3 Характеристика Робінії псевдоакації (*Robinia pseudoacacia* L.)

Робінія псевдоакація, або робінія звичайна (*Robinia pseudoacacia* Linnaeus, 1753) – лісоутворююче посухостійке дерево, що швидко росте. Належить до роду Робінія (*Robinia* Linnaeus, 1753) [13]. У ході селекційних робіт було виведено безліч сортів, що відрізняються будовою крони, формою, забарвленням та положенням листя, забарвленням квіток та тривалістю цвітіння. Рослина походить з Північної Америки [13]. Натуралізована в багатьох регіонах планети із тотожним кліматом. Використовується у якості декоративної рослини, і як деревна порода для зміцнення ґрунтів і створення вітрозахисних смуг. Батьківщина – Північна Америка, до ареалу входять Аппалачські гори, Пенсільванія, Джорджія, Айова, Міссурі та Оклахома [49]. Росте на вологих, багатих вапном ґрунтах у лісах з клена, дуба, сосни, де є звичайним компонентом. Найчастіше зустрічається у низькогірних лісах (до 1350 м над рівнем моря) [49].

Як відомо поширилась всією територією сучасної Європи, в зоні помірного клімату Азії, в Північній та Південній Африці, в Австралії, Новій Зеландії та південних регіонах Латинської Америки У Китаї вона за поширенням до 2020-х

років. була порівнянна з далекосхідним деревом софора японська з тієї ж родини, і китайська назва Робінії псевдоакації – колюча японська софора [54]. Ріст швидкий, особливо у періоді до 10 років, щорічний приріст у висоту становить до 80 см, завширшки до 30 см. Цвіте вже у шестирічному віці. Дуже світлолюбна і соле-і посухостійка [55]. Здатна існувати на багатьох варіантах ґрунтів, віддає перевагу легким і родючим, погано перенесе ущільнення. Здатна переносити значне засолення. До Європи завезли у першій половині XVII ст., коли у європейському садівництві почали активно використовувати нові види дерев із Північної Америки [56]. Екземпляр робінії, висаджений у 1601 році у королівському саду в Парижі садівником французького короля Генріха IV, вважався у 2011 році найстарішим деревом Парижа [60].

Ботанічна характеристика Це велике дерево висотою 20-25 м (може досягати 30-35 м [13]) і діаметром стовбура до 1 м. Пагони спочатку голі згодом ледве опушені, незграбні, світло-зелені до блискуче-червонокоричневого кольору. Крона ажурна, розлога, широкоциліндрична, на вершині закруглена, що просвічує, з кількома відокремленими ярусами облістяних гілок. Коренева система глибока, розважається, діаметром 12-15 м, на коренях знаходяться бульби з азотофіксуючих бактерій. Кора на стовбурі товста, розтріскується, сіро-бурого кольору, з глибокими поздовжніми тріщинами [13]. Бруньки переважно дрібні. Листя світло-зелене з сріблястим відтінком, чергове, непарноперисте [13], довжиною 10-25 (до 45) см. У основи листя знаходяться парні шипи довжиною до 2 см, які є видозміненими прилистками і досить легко відламуються. Суцвіття – багатоквіткові (5-15 квіток), китиця довжиною 10-25 см. Квітки знаходяться на квітконіжках довжина яких коливається від 6 до 12 мм. Квіти численні, запашні [13]. Чашечка широко дзвінкова, довжиною 7-10 мм, шириною 5-9 мм, густо опушена рудуватими, короткими волосками, зубці чашечки в 2-3 рази коротше трубки, трикутні. Віночок білий або трохи кремовий, діаметром до 3,5 см. Плоди мають довгасто-лінійний вигляд, ззовні сплюснуті коричневі боби, довжиною 5-12 см, шириною 1-1,5 см, зі злегка загнутим догори носиком або тупі, голі, з 3-15 насінинами. Насіння бруньковидне або вузькоочкоподібне, довжиною близько 5

мм, шириною 3 мм, оливково-зелені, бурі або темно-коричневі, до чорних, нерідко плямисті, гладкі, матові або блискучі. У 1 кг близько 50 тисяч насінин; 1 тисяча насіння важить 10-25 г [13].

Як відомо цвітіння відбувається в залежності від сорту та географічного регіону, найчастіше у травні – червні чи липні. Насіння дозріває до кінця вересня, нерідко висить на деревах протягом всієї зими [49]. Сходи на коротких черешках, з надземними ниркоподібними, м'ясистими сім'ядолями довжиною 10-12 мм, шириною 5-6 мм[44]. Перший лист простий, широко яйцеподібний; наступне листя трійчасте, а далі з числом листочків, що збільшується. Хімічний склад плодів Робінії псевдоакації (*Robinia pseudoacacia* L.) вивчений недостатньо і потребує додаткового дослідження. Листя та молоді пагони містять вітаміни А та С [49]. Деревина робінії псевдоакації складається із зеленувато-бурого ядра та білої заболони. Вона характеризується високими механічними властивостями, міцністю, великою стабільністю, стійкістю проти біологічних руйнівників та досить декоративною, хоч і грубою текстурою[45]. Ядро по міцності не поступається дереву дуба, але для столярних виробів мало придатне, оскільки важко обробляється. У старих екземплярів ядро схильне до гнилі [49].

Деревина довго зберігається у воді. Вона використовується в кораблебудуванні і, починаючи з ХІХ століття, для цього вивозилася з Америки до Англії [55]. Крім того, йде на палі, стовпи, шпали, використовується в різних столярних, токарних, виробних роботах, при 10 будівництві комор, парканів, мостів, для виготовлення паркету, на переробку в целюлозу і на паливо. Робінію псевдоакацію використовують для зміцнення пісків, схилів ярів та укосів залізничного полотна, для влаштування вітрозахисних смуг. Набула широкого застосування в залісненні південноруських степів [55]. У культурі рослина з 1601 (Північна Америка), в Україні – із початку ХVІІІ століття. Завдяки високій декоративності дерево широко культивується - в садах, парках [43], для обсадження вулиць і доріг, а також в одиночних посадках (солітерах). Добре переносить стрижку, а тому придатна для живоплотів [55].

Робінія належить до адвентивних видів, які здатні змінювати характер життєдіяльності місцевої екосистеми, порушуючи цикл азоту в ґрунті [60]. Робінія псевдоакація включена до сотні найнебезпечніших чужорідних видів у флорі Європи [55]. Вона у 2008 році відзначена у 41 країні Європи з досліджених 48-ми, тобто більш ніж у 80 %, причому у 32 країнах успішно виробляє паростки. У 2023 році, згідно наказу Міністра захисту довкілля та природних ресурсів України № 695/39751 від 05.05.2023 [33] року включена до Переліку чужорідних видів дерев, заборонених у відтворенні лісів [33]. Робінія псевдоакація (*Robinia pseudoacacia* L.) є однією з найпоширеніших та екологічно пластичних деревних порід-інтродуцентів, яка стала важливим елементом ландшафту в таких країнах як Румунія, Угорщина, Італія, Словенія, Хорватія, Україна та ін. і широко культивується в садах, парках, скверах, для обсадження вулиць і доріг, а також в одиночних посадках [13].

Робінія псевдоакація є багатоцільовою деревною породою, яку також широко використовують у тваринництві, бджільництві, для захисту ґрунту від ерозії та відновлення деградованих територій, лісових та степових зон, 11 виробництва меблів та паркету, палива, з листя отримують блакитну фарбу, деревні волокна і корми [56]. Вважається, що *R. pseudoacacia*, походження якої з Північної Америки, швидко натуралізувалась по-перше, завдяки невеликій кількості природних ворогів у нових умовах існування, а по-друге – через її високу адаптивність [56]. Враховуючи економічне значення робінієвих насаджень в Україні широко вивчається їх біопродуктивність, екологічний та енергетичний потенціал [56]. Зміни факторів навколишнього середовища, зокрема, напад рослинних комах, впливають на первинний метаболізм, такий як швидкість фотосинтезу, поглинання азоту, вміст білків, антиоксидантна активність, тривалість життя дерева [13]. Листя є основним органом, який використовується для продукування органічної речовини і є основним джерелом вуглеводів для рослини [43]. Пошкодження листя знижує розмір фотосинтетичної поверхні і таким чином порушує весь продукційний процес рослини.

Фактори навколишнього середовища, такі як забруднення атмосферного повітря в містах, населених кормовими рослинами молейстрокаток, можуть впливати на характеристики листя і, таким чином, перешкоджати їх здатності житись клітинами мезофілу. Важливість характеристик листя для стійкості рослин до нападу мінерів досліджена шляхом порівняння міцності листя та складу поживних речовин, поверхневого воску, вторинних метаболітів, які індукують утворення хімічних і тканинних бар'єрів та підсилюють процеси відновлення клітин у різних видів рослин [13].

2 МАТЕРІАЛИ ТА МЕТОДИ ДОСЛІДЖЕННЯ

2.1 Оцінка стабільності розвитку деревних рослин за рівнем асиметрії морфологічних структур

Робота починається з вибору ділянок для моніторингових досліджень: чотирьох-п'яти майданчиків, які перебувають на одній лінії по мірі віддалення від потенційного джерела забруднення (населеного пункту, промислового підприємства або автомагістралі) [26]. Бажано розташовувати ділянки по одній лінії, відповідно до рози вітрів (переважного напрямку вітру).

Відстань між майданчиками залежить від потужності джерела забруднення. Якщо це великий населений пункт із промисловими підприємствами й численним автотранспортом, то відстані між майданчиками можуть бути в межах 1 км. У випадку невеликого осередку забруднення відстані між майданчиками можуть бути в межах 400-800 м, автотраси – 20-200 м (залежно від інтенсивності потоку автотранспорту) [6].

Для досягнення найкращих результатів ділянки варто закладати рівномірно по всій місцевості, або по лінії зменшення передбачуваного негативного впливу [31].

Для фонового моніторингу використовуються декілька майданчиків у різних за природними умовами біотопах [34]. Для оцінки наслідків антропогенного впливу майданчики вибираються з максимально подібних за природними умовами біотопів з різним ступенем антропогенного навантаження, а також таких, що не зазнають впливу антропогенного впливу для оцінки умовного фонового рівня.

Вибір ділянок для збору зразків був обумовлений наявністю дерев обох видів для аналізу, наявний вплив людської діяльності біля ділянки, що досліджується з різним рівнем впливу. Так, для перевірки були обрані такі ділянки:

1. о. Хортиця;
2. Дніпровський район;
3. Вознесенівський район;

4. Заводський район;
5. Шевченківський район.

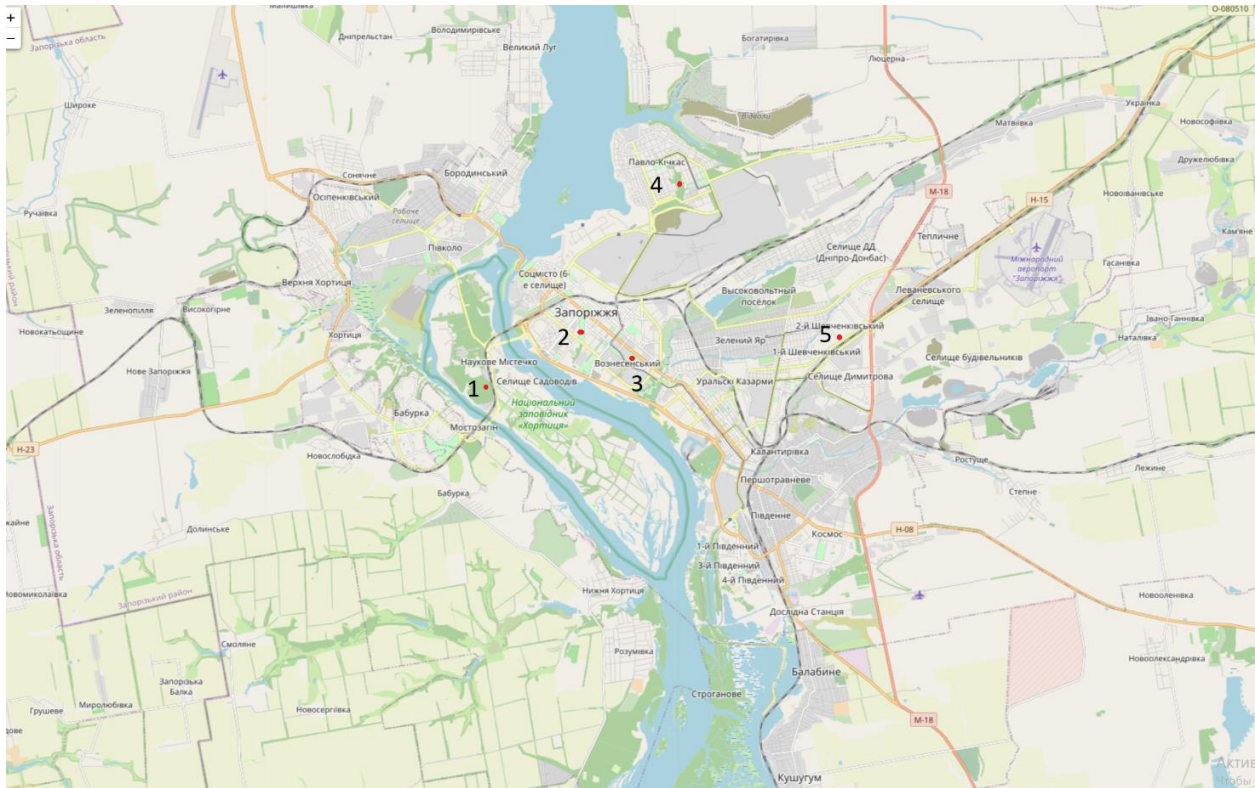


Рисунок 2.1 – Місця збору зразків

Шевченківський та Заводський райони були обрані через наявність промислових підприємств на них. Дніпровський та Вознесенівський – райони, де великих промислових підприємств не розташовано. О. Хортиця – ділянка, де людська діяльність найнижча у місті Запоріжжя.

При зборі матеріалу для біоіндикаційних досліджень варто враховувати наступні правила:

1. При виборі дерев враховується чіткість визначення приналежності рослини до досліджуваного виду. Для запобігання помилок варто вибирати дерева із чіткими ознаками виду.

2. Листя повинні бути зібрані з рослин, що перебувають в подібних екологічних умовах (враховується рівень освітленості, зволоження та ін.). Наприклад, одна з порівнюваних вибірок не повинна перебувати на узліссі, а інша

в лісі.

3. При зборі матеріалу треба враховувати віковий стан дерев. Для дослідження вибираються дерева, що досягли генеративного вікового стану (середньовікові рослини), уникаючи молодих та старих екземплярів.

Збір матеріалу варто проводити після зупинки інтенсивного росту листя до періоду його опадання. Листки збирають з нижньої частини крони дерева на рівні піднятої руки, з максимальної кількості доступних гілок рівномірно навколо дерева. При цьому, намагаються задіяти гілки різних напрямків, умовно – з півночі, півдня, заходу й сходу [38].

Листки намагаються відбирати приблизно одного, середнього для даного виду розміру. Ушкоджені листки можуть бути використані в дослідженні тільки в тому випадку, якщо не порушені ділянки, з яких будуть зніматися значення промірів. Однак, щоб уникнути помилок, пошкоджені листки краще оминати.

Збір листків проводиться з 10 поблизу зростаючих дерев, по 10 листків з кожного дерева (усього – 100 листків з одного майданчику). Варто брати трохи більше листків, ніж потрібно, на той випадок, якщо частина листків через пошкодження не зможе бути використана для аналізу [38].

Всі листки, зібрані для однієї вибірки, поміщають в поліетиленовий пакет, який помічається етикеткою: вказують дату, місце збору (максимально докладна прив'язка на місцевості), номер ділянки, а також автора (авторів) збору.

Листки з однієї рослини зберігаються окремо, щоб надалі можна було проаналізувати отримані результати індивідуально для кожної особини.

Зібраний матеріал бажано почати обробляти відразу ж, поки листки не зів'яли. Для нетривалого зберігання зібраний матеріал слід упакувати в поліетиленовий пакет та помістити на нижню полицю холодильника (максимальний строк зберігання – тиждень) [38].



Рисунок 2.2 – Місце збору – о. Хортиця

1. ширина половинки листка. Для виміру лист складають поперек навпіл, сполучаючи верхівку з основою листової пластинки. Потім розгинають листок і по складці, що утворилася, виміряється відстань від границі центральної жилки до краю листа, мм;
2. довжина другої жилки другого порядку від основи листка, мм;
3. відстань між основами першої та другої жилок другого порядку, мм;
4. відстань між кінцями першої та другої жилок другого порядку, мм;
5. кут між головною жилкою та другою від основи листка жилкою другого

порядку, град.

Бажано, щоб всі листки з однієї вибірки вимірялися однією людиною – для запобігання впливу суб'єктивних помилок. Якщо виміри проводять декілька людей (одна вибірка обробляється однією людиною), то необхідно простежити щоб лінійки й транспортири були однаковими. Варто пам'ятати, що інтерес представляють не абсолютні розміри параметрів, а різниця між лівою й правою половинками. Тому, на техніку вимірів лівої й правої сторін листка варто постійно звертати увагу (положення лінійки й транспортира, освітлення та ін.) [38].

Для ознак, що вимірюються, величина асиметрії у рослин розраховується як розходження в промірах ліворуч і праворуч, віднесене до суми замірів на двох сторонах [42].

Інтегральним показником стабільності розвитку для комплексу ознак, що вимірювалися є середня величина відносного розходження між сторонами ознаки. Цей показник розраховується як середнє арифметичне суми відносної величини асиметрії за всіма ознаками у кожної особини, віднесеної до числа ознак, що використовувалися.

Розрахунок середньої відносної величини асиметрії ознаки для 5 вимірювань листка у 10 рослин проводиться за наступною методикою: спочатку для кожного листка обчислюється відносна величина асиметрії для кожної ознаки. Для цього модуль різниці між промірами ліворуч (Л) і праворуч (П) поділяють на суму цих же промірів, як зазначено у формулі 2.1:

$$|Л-П| / |Л+П| \quad (2.1)$$

Отримані величини заносяться в допоміжну таблицю.

Потім обчислюють показник асиметрії для кожного листка. Для цього підсумовують значення відносних величин асиметрії за кожною ознакою і ділять на їх число.

На останньому етапі обчислюється інтегральний показник стабільності розвитку – величина середнього відносного розходження між сторонами ознаки.

Для цього обчислюють середню арифметичну всіх величин асиметрії для кожного листка, значення якої округляється до третього знаку після коми [42].

Статистична значимість розходжень між вибірками за величиною інтегрального показника стабільності розвитку (величина середнього відносного розходження між сторонами на ознаку) визначається за *t*-критерієм Стюдента.

Для оцінки ступеня виявлених відхилень від норми та їх місця в загальному діапазоні можливих змін показника використовується шкала. Весь діапазон між граничними рівнями в таблиці ранжується в порядку зростання значень показника. (див. табл. 2.1).

Таблиця 2.1 – Якість середовища за показником стабільності розвитку

Стабільність розвитку в балах	Величина показника стабільності розвитку	Якість середовища
1	<0,040	Умовно нормальне
2	0,040-0,044	Початкові (незначні) відхилення від норми
3	0,045-0,049	Середній рівень відхилення від норми
4	0,050-0,054	Істотні (значні) відхилення від норми
5	>0,054	Критичний стан

Діапазон значень інтегрального показника асиметрії, що відповідає умовно нормальному фоновому стану, приймається як перший бал (умовна норма). Він відповідає даним, отриманим в природних популяціях при відсутності видимих несприятливих впливів (наприклад, на природно-заповідних територіях). Однак треба звернути увагу на той факт, що на практиці при оцінці якості середовища в регіоні з підвищеним антропогенним навантаженням фоновий рівень порушень у вибірці рослин або тварин (навіть в точці умовного контролю), не завжди перебуває в діапазоні значень, що відповідають першому балу.



Рисунок 2.3 – Матеріал збору (листя *Robinia pseudoacacia* L.)

Листя Робінії псевдоакації (*Robinia pseudoacacia* L.) збираються з кожної ділянки та оброблюються згідно вказівок, зазначених у методичних рекомендаціях для практичних та лабораторних робіт з біоіндикації.

2.2 Біоіндикація забруднення атмосферного повітря з використанням хвойних рослин

Обирають ключові ділянки, згідно з існуючою геоекологічною ситуацією на території, з урахуванням розташування промислових підприємств, повторюваності

вітрів різних напрямків в даній місцевості, наявності автомагістралей. Визначають умовно фонову ділянку [38].

Далі обирають сосни висотою 1–1,5 м на відкритій місцевості з 15 бічними пагонами. Вибірку хвої необхідно робити з кількох близько зростаючих дерев на площі 10×10 м². До блокнота вносяться відомості про місце збору і наявність поблизу можливого інтенсивного руху транспорту; вказують також час огляду хвої. Дуже важливий при виборі дерев показник витоптування ділянки на якій росте сосна[29]. Ступінь витоптування ділянки оцінюється балами 1-4:

- 1 – витоптування немає;
- 2 – витоптані стежки;
- 3 – немає ні трави, ні чагарників;
- 4 – залишилося трішки трави навколо дерев.

За витоптуваністю території, оцінюваної балами 3 і 4, експрес-оцінка повітряного забруднення неможлива. Потім оглядають у кожного дерева хвоїнки минулого року (другі зверху мутовки). Якщо дерева дуже великі, то обстеження проводять на бічному пагоні у четвертій зверху мутовці

Всього збирають або оглядають не менше 30 хвоїнок із бічних пагонів у середній частині крони 5-10 дерев. Усю хвою ділять на три частини (неушкоджена хвоя, хвоя з плямами і хвоя з ознаками всихання) і підраховують кількість хвоїнок у кожній групі. Одержані дані переводять у відсотки (за 100% – усі вивчені хвоїнки, відповідно обчислити, яку частку від цього числа становить кожна група).

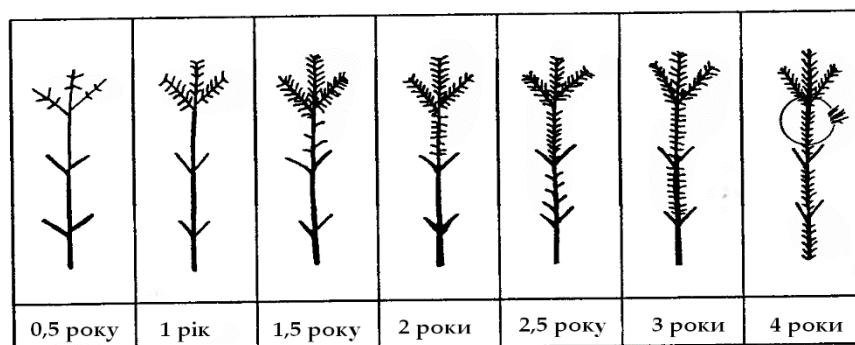


Рисунок 2.4 – Ділянка гілки, на якій проводять обстеження хвої для експрес аналізу якості повітря

Шишки хвої завжди світліші, їх вік не оцінюється. За ступенем пошкоджень і всихання хвої виділяють кілька класів.







Клас пошкодження (нікрози)	1	2	3			
Клас усихання	1	1	1	2	3	4
						

Рисунок 2.5 – Класи пошкодження і всихання хвої

Класи пошкодження інтерпретуються так:

- 1 – хвоїнки без плям;
- 2 – хвоїнки з невеликою кількістю дрібних плям;
- 3 – хвоїнки з великою кількістю чорних і жовтих плям.

Класи всихання інтерпретуються так:

- 1 – на хвоїнці немає сухих ділянок;
- 2 – на хвоїнці засох кінчик 2–5 мм;
- 3 – усохла 1/3 хвоїнка;
- 4 – вся або більша частина хвоїнки суха.

2.3 Флуктуаційний аналіз

Флуктуації – циклічні зміни в екосистемах під впливом циклічних процесів – періодів доби, сезонів року, фаз Місяця тощо. Кожна екосистема, залишаючись собою, має зовсім інший вигляд у різні пори року, часто й у різний час доби тощо. Природну цикліку необхідно враховувати і при порівнянні окремих екосистем між собою, оскільки в різний час одна й та сама екосистема мало на себе схожа [52].

Циклічні зміни досить правильно чергуються у часі, й тому вони передбачувані. Колосальну інформацію щодо різних аспектів сезонних явищ у природних екосистемах накопичена фенологією – наукою про сезонні явища природи, терміни їх настання і причини, що визначають ці терміни [52]. Основоположником фенології вважають Р. Ремюра, який у 1735 році встановив залежність сезонного розвитку рослин від різних метеорологічних факторів. У 1748 році К. Лінней запропонував створити мережу пунктів фенологічних спостережень [42].

Одна з популярних систем класифікації екологічних факторів базується на поділі їх на періодичні і неперіодичні (система Мончадського). За амплітудою та тривалістю флуктуації поділяються на такі типи [34]:

1. приховані (зміни візуально не встановлюються);
2. осциляції (виявляються при безпосередньому спостереженні);
3. дигресійно-демутаційні (амплітуда і тривалість змін перевищують середньоаспірантський інтервал спостережень, тобто понад 5-6 років).

Розрізняються такі типи флуктуацій за факторами впливу [31]:

1. Екотопічні (кліматогенні) флуктуації – найбільш поширений тип флуктуацій. Різнорічна мінливість параметрів екосистеми (наприклад, чисельність, продуктивність чи біомаса) може досягати порядків. Так, кількість зайців за 80 років спостережень (класична система зайці – рисі) змінювалася більш ніж у 100 разів, рисі – більш ніж у 50 разів. Фітоциклічні флуктуації притаманні рослинним угрупованням і пов'язані з особливостями біологічних ритмів рослин. Наприклад, дуб (*Quercus robur*) рясно плодоносить у середньому один раз на чотири роки і, звісно, на наступний після масового плодоношення рік у рослинному угрупованні буде багато його проростків [50].

2. Зоогенні флуктуації обумовлені масовим розвитком якогось виду тварин (наприклад, сарана, непарний шовкопряд тощо), що істотно змінює всю екосистему.

3. Антропогенні флуктуації. Ці зміни пов'язані з короткотерміновим і не спрямованим впливом людини на екосистеми. Наприклад, перевипасання може призвести до значних змін структури травостою пасовищ [31].

Згідно з принципом Ле Шательє-Брауна при зовнішньому впливі, що виводить систему зі стану стійкої рівноваги, рівновага зміщується в тому напрямі, в якому ефект зовнішнього впливу послаблюється. При цьому, чим більше відхилення від стану екологічної рівноваги, тим істотнішими мають бути енергетичні затрати для послаблення протидії екосистеми цьому відхиленню [42].

Для розуміння ролі коливальних процесів у екосистемах важливо згадати принцип незрівноваженої динаміки Пригожина-Онсагера (цей принцип називається теоремою Пригожина), що обговорювався Л. Онсагером у 1931 р. [50]. Тут ми підходимо до одного з наших головних висновків: на всіх рівнях, чи то рівень макроскопічної фізики, рівень флуктуацій, чи мікроскопічний рівень, джерелом порядку є незрівноваженість. Незрівноваженість є те, що породжує «порядок із хаосу» [50]. Якщо стійкі системи асоціюються з поняттям термодинамічного, симетричного часу, то нестійкі хаотичні системи асоціюються з поняттям імовірнісного часу, що передбачає порушення симетрії між минулим і майбутнім (Стенгерс, 1994) [50].

З позицій незрівноваженої термодинаміки еволюція має задовольняти три основні вимоги:

1. незворотність, що виражається в порушенні симетрії між минулим і майбутнім;
2. необхідність запровадження поняття подія;
3. деякі події повинні мати здатність змінювати хід еволюції.
4. умови формування нових структур:
5. відкритість системи;
6. її стан далекий від рівноваги;
7. наявність флуктуацій.

В основі процесів розвитку біосистем лежить суперечність між випадковістю і закономірністю, свободою вибору і надійністю пам'яті, хаосом і структурою тощо [50]. Новоутворення створюються нелінійними системами, які можуть мати декілька стійких станів. Перейшовши межу стійкості, система потрапляє в критичний стан, який називається точкою біфуркації. В цій точці навіть незначна

флуктуація може вивести систему на інший шлях еволюції і різко змінити її структуру та поведінку. Це і називається подією. Таким чином, випадковість і необхідність доповнюють одна одну, визначаючи долю відкритої системи. Властивості відкритих (незрівноважених) і закритих систем істотно різняться [57].

У точці біфуркації флуктуація досягає такої сили, що структура систем не витримує і руйнується: в цьому разі принципово неможливо передбачити, чи стане динаміка системи хаотичною, чи вона перейде на новий, більш високий рівень упорядкованості, який І. Пригожин назвав дисипативною структурою (для підтримання цієї структури необхідно більше енергії, ніж для підтримання більш простих структур, на зміну яким вона прийшла). Дисипативні структури існують лише постільки, поскільки система дисипує (розсіює) енергію і, відповідно, виробляє ентропію. З енергії виникає порядок зі зростанням загальної ентропії. Таким чином, ентропія – не просто беззупинне сповзання системи до стану, позбавленого будь-якої організації, а за певних умов стає праматір'ю порядку [48].

Поведінку екосистеми можна представити за допомогою множини траєкторій у n -вимірному просторі. По суті, стан кожної системи у будь-який момент часу визначається значенням якогось числа перемінних x , y , z . Ці змінні зазвичай відповідають щільності видів, які входять до складу екосистеми. Таким чином, стан системи можна представити у вигляді точки у n -вимірному фазовому просторі, де точці такого простору можна зіставити вектор чи стрілку, вказавши при цьому напрямок руху системи. З'єднавши ці вектори між собою, ми отримуємо траєкторію, яка дає нам уявлення про поведінку системи впродовж тривалого часу. Але така схема може бути використана лише в тому разі, коли з кожною точкою простору зв'язаний лише один вектор, а це означає, що необхідно вибирати перемінні, яких достатньо для однозначного визначення поведінки системи [48].

Точка спокою (стан рівноваги) – це точка, з якою зв'язаний вектор, який має нульову довжину, тобто якщо система знаходиться в стані спокою в даний момент часу, то вона залишиться в цій точці й у наступний момент часу. Точка спокою може бути:

1. сталою;

2. несталою.

Якщо система під час виведення зі стану рівноваги будь-яким малим збуренням, повертається до цього стану, то такий стан рівноваги називається сталим, або локально сталим. Якщо ж система під час виведення зі стану рівноваги продовжує віддалятися від нього, то таке положення називається несталим.

З математичної точки зору найлегше вивчати локально сталі точки спокою. Розглядаючи лише невеликі відхилення від положення рівноваги рівняння можна навести у лінійному вигляді, тим самим описавши поведінку в точці спокою. Така поведінка належить до одного із чотирьох типів:

1. розбіжні коливання (РК);
2. загасальні коливання (ЗК);
3. коливання, що наближаються до рівноваги за експоненціальним законом (ЕН);
4. коливання, що віддаляються від рівноваги за експоненціальним законом (ЕВ).

Інтегральний показник флуктуаційної асиметрії розраховується за такими формулами (2.2-2.4) :

$$Y = \frac{|x_{л} - x_{л}|}{|x_{л} + x_{л}|} \quad (2.2)$$

$$Z = \frac{Y_1 + Y_2 + Y_3 + Y_4 + Y_5}{N} \quad (2.3)$$

$$\bar{X} = \frac{\sum Z}{n} = \frac{Z_1 + Z_2 + \dots + Z_n}{n} \quad (2.4)$$

Де Y – показник, розрахований для кожного параметра, як різниця між правою та лівою частинами листкової пластинки, Z – відносна середня відмінність між ознаками для кожного листка, N – кількість ознак, X – інтегральний показник асиметрії, n – число листків [39].

Зібрані дані заносилися до таблиць MS Excel, де показники, необхідні для дослідження розраховувалися відповідно до формул, зазначених у методиці проведення дослідження. Також розраховувалася похибка за допомогою MS Excel та додатково перевірялась у ChatGPT [22].

Після збору та аналізу ми отримали такі результати: самий брудний район за результатами дослідження – Заводський (показник стабільності дорівнює 0,069) , найменш забруднений – о. Хортиця (0,035 за показником). У 2023 році у Шевченківському районі рівень забрудненості став менший (0,054) за показником стабільності зібраних зразків) у порівнянні з 2021 роком (0,067) за величиною асиметрії зібраних зразків). Для Дніпровського району ситуація є зворотною (0,044 у 2021 році та 0,052 у 2023). Загалом казати про значні зміни ситуації не можна. Отримані за розрахунком дані занесені до таблиці 3.1, де зазначені ділянки збору та отриманий показник асиметрії у вибірці.

Також під час дослідження використовувалися технології ШІ. Так, за допомогою ChatGPT 3.5 [22] проводився додатковий розрахунок коефіцієнту асиметрії, але отримані дані не відповідали тим, що було отримані в результаті розрахунку за методикою, тому потребують додаткової перевірки. Причинами різних результатів може буде недосконалість ChatGPT у сфері охорони навколишнього середовища, а саме:

1. застарілі бази даних для версії 3.5 (Дані актуальні лише до 2021 року);
2. проблеми з розпізнаванням української мови при запитах, а також невідповідність отриманих результатів з наданими запитами;
3. внутрішня будова Chat GPT 3.5.

Для отриманих результатів розраховувалась можлива похибка, яка характерна під час використання методів біоіндикації. Отримані результати дослідження з урахуванням похибки були занесені у таблицю 3.1

Таблиця 3.1 – Результати дослідження за аналізом Робінії псевдоакація (*Robinia pseudoacacia* L.)

Назва ділянки	О. Хортиця	Вознесенівський район	Заводський район	Дніпровський район	Дніпровський район (2023)	Шевченківський мікрорайон	Шевченківський мікрорайон (2023)
Величина асиметрії у вибірці	0,035±0,001	0,041±0,001	0,069±0,003	0,044±0,002	0,052±0,002	0,067±0,003	0,054±0,003

Також отримані дані відображені у діаграмі, яка відображає коефіцієнт асиметрії для кожної досліджуємої ділянки.

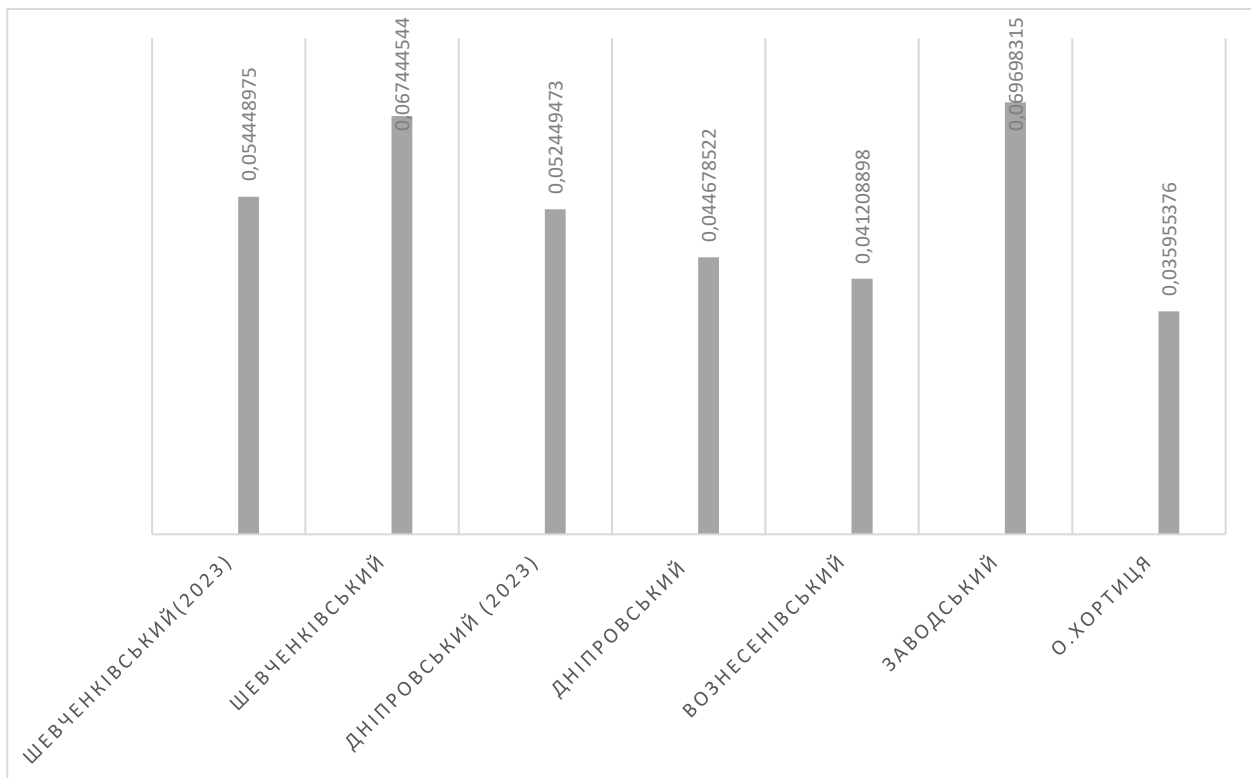


Рисунок 3.2 – Результати дослідження за Робінії псевдоакації (*Robinia pseudoacacia* L.)

Для отримання більш точного результату ми провели ще одне дослідження з

використанням сосни звичайної. Місця збору були поруч з місцями, де збиралося листя робінії з урахуванням наявності цих дерев на ділянці.

Таблиця 3.2 – Загальна кількість гілок та пошкоджених гілок на досліджуваних ділянках

Показник	Назва ділянки						
	Зав.	Хорт.	Возн.	Дніпр.	Дніпр(20 23)	Шевч.	Шевч.(20 23)
Загальна кількість	30	30	30	30	30	30	30
Кількість з плямами	12	5	9	9	11	11	8
Відсоток з плямами	40±3%	17%±3 %	30%±3 %	30%±3 %	37%±3%	37%±3 %	27%±3%
Кількість з усиханням	9	3	5	8	6	9	10
Відсоток з усиханням	30%±3 %	10%±3 %	17%±3 %	27%±3 %	20%±3%	30%±3 %	33%±3%
Дата							
Клас пошкодження	5	2	3	4	4	5	4

Для досліду було зібрано по 30 гілок з кожної ділянки. Зібрані гілки аналізувалися на кількість гілок з плямами та усиханнями. Після підрахунку вони переносилися у відсоткове значення та згідно з ним вносилося до таблиці 3.2, де зазначений клас пошкодження для ділянки відповідно до відсоткової кількості пошкоджених гілок

За результатами дослідження найбруднішими районами були – Шевченківський й Заводський, найменш брудними – о. Хортиця. Отримані дані також були зображені відсотково на діаграмах, де зазначався відсоток з плямами та усиханнями для кожної ділянки.

Таблиця 3.3 – Результати дослідження за аналізом
сосни звичайної

Ділянка збору	Клас пошкодження	Примітка
Вознесенівський район	III	Відносно чисте
О. Хортиця	II	Чисте
Заводський район	V	Брудне
Дніпровський район	IV	Забруднене
Дніпровський район (2023)	IV	Забруднене
Шевченківський район	V	Брудне
Шевченківський район (2023)	IV	Забруднене

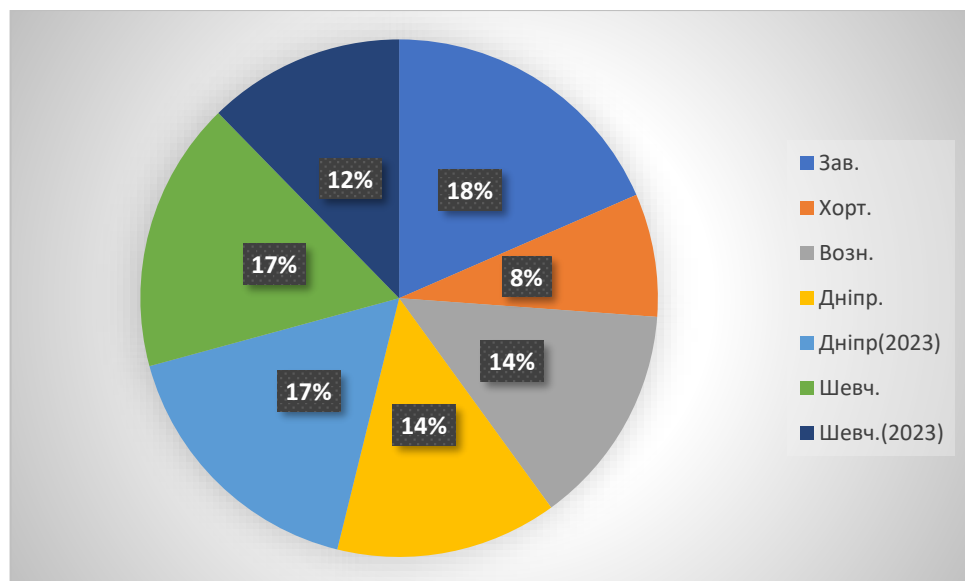


Рисунок 3.3 – Результати дослідження за аналізом сосни звичайної (хвоїнок з плямами)

Можна побачити, що найбільший відсоток хвоїнок з плямами у Заводському районі м. Запоріжжя – 18% від загальної кількості, а найменший з 8% від загальної кількості – о. Хортиця.

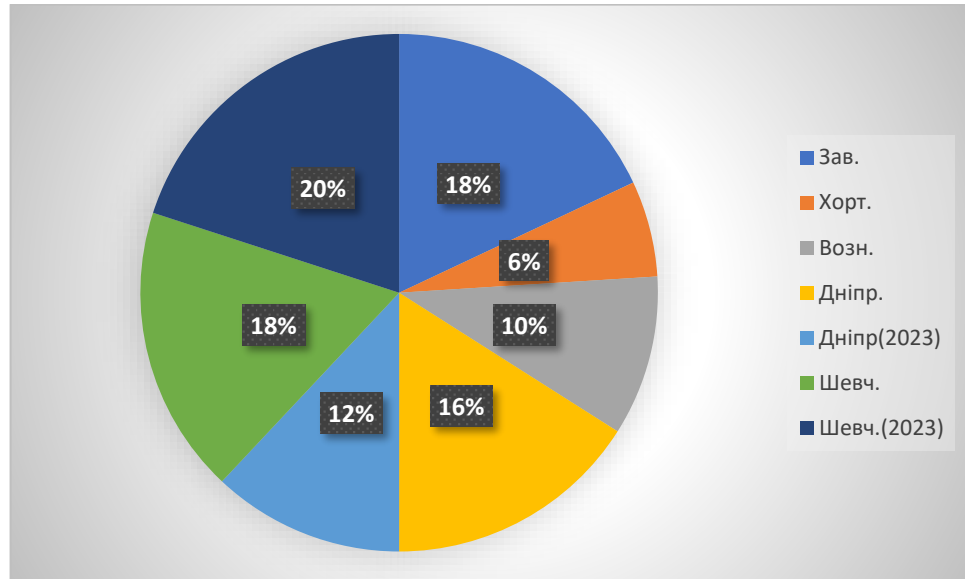


Рисунок 3.4 – Результати дослідження за аналізом сосни звичайної (хвоїнок з усиханням)

Щодо відсоткового значення хвоїнок з усиханням, то найбільша кількість у Шевченківському районі у 2023 році й має 20% від загальної кількості, а найменший залишається на о. Хортиця – 6% хвоїнок з усиханнями.

Можна зробити такий висновок, що найбільш забрудненим районом м. Запоріжжя є Заводський, найменш забрудненим є о. Хортиця. Інші райони більш-менш чисті. Причинами такого розподілу є центрування промислових підприємств у Заводському районі, великий потік автотранспорту.

4. ОХОРОНА ПРАЦІ ТА БЕЗПЕКА В НАДЗВИЧАЙНИХ СИТУАЦІЯХ

4.1 Правила поведінки під час збору проб рослинного походження

Для проб рослин збирають листя із зовнішніх частин дерев, кущів, або інших видів рослинності. Листя обрізають за допомогою секатора/ножиць, де це можливо, та упаковують в пакет для зразків. Рекомендовано наповнити листям пакет об'ємом не менше 2 літрів. Щоб уникнути перехресного забруднення, необхідно вивернути пакет для проби та помістити всередину руку(и). Так потрібно зібрати в пакет усе обрізане листя для проби, потім повернути пакет у вихідне положення та закрити. Якщо у проб є гострі гілки або колючки, які можуть прорізати пакет, необхідно мати з собою другий додатковий пакет для проб, або використовувати скляну пляшку як ємність для відібраної рослинності [20].

4.2 Правила безпеки під час використання електронних приладів

Електробезпека – система організаційних та технічних заходів і засобів, що забезпечують захист людей від шкідливого та небезпечного впливу електричного струму, електричної дуги, електромагнітного поля і статичної електрики [40]. Правила електробезпеки регламентуються правовими і технічними документами, нормативно-технічною базою [37]. Знання основ електробезпеки обов'язкове для персоналу, що обслуговує електроустановки і електроустаткування. Кожен день ми користуємось електричними приладами, але потрібно знати, що вони криють у собі небезпеку. Так, дія електричного струму на людину може призводити до електричних травм та пошкоджень, таких як скорочення м'язів, що супроводжується сильним болем, втратою свідомості, порушенням роботи серця чи дихання (або обох цих порушень разом) [18].

Основними потенційними небезпеками при проведенні робіт на робочому приміщенні є такі: – небезпека ураження електричним струмом, внаслідок недотримання правил електробезпеки або виходу з ладу електроприладів; – порушення роботи кістково-м'язового апарату внаслідок тривалих статичних навантажень при роботі з ПК [37].

Нервово-психічні перевантаження внаслідок постійного контакту з клієнтами, колегами по роботі, керівництвом при вирішенні робочих питань, які можуть носити конфліктний характер і призвести до емоційного дискомфорту, внутрішнього роздратування, емоційної нестабільності та захворювань нервової системи;

– незадовільні ергономічні характеристики робочого місця внаслідок нерационального планування робочого місця, що може призвести до механічних травм, уражень електричним струмом та порушень кістково-м'язового апарату; негативний вплив недостатнього освітлення робочої зони на зір та продуктивність роботи працюючого, внаслідок несправності освітлювальних приладів або неправильного проектування освітлювальної системи;

– негативний вплив незадовільних параметрів повітряного середовища робочої зони на здоров'я працюючого, внаслідок неправильного проектування системи вентиляції або несправності її несправності;

– негативний вплив підвищеного рівня шуму на психоемоційний стан працюючого, який пов'язаний з використанням застарілої периферійної техніки, кондиціонерів, копіювальної техніки, освітлювальних приладів;

– небезпека загоряння у зв'язку із несправністю електричного обладнання, недотримання, або порушення правил протипожежної безпеки обслуговуючим персоналом, що може призвести до пожежі;

– неправильні дії персоналу у надзвичайних ситуаціях [18].

Конструктивні заходи забезпечують захист від випадкового дотику до струмопровідних частин за допомогою їх ізоляції та захисних оболонок. Для запобігання статистичного навантаження при користуванні ПК рекомендовано

використовувати перерви в роботі 10 хв. через кожні дві години. Синдром зап'ястного каналу, або тунельний синдром зап'ястя, який може бути наслідком хронічної травми, трапляється у людей внаслідок тривалої роботи з мишею: постійні напруга і здавлювання приводить до мікротравм, здавлювання нерва прилеглими оточуючими тканинами, через що виникає набряк [47].

Щоб тунельний синдром вас не турбував, потрібно дотримуватися кількох правил організації робочого місця:

- оптимальна висота клавіатури від підлоги – 65-75 см;
- наявність ергономічних і зручних особисто для вас миші і клавіатури;
- можливість регулювання висоти і нахилу клавіатури (відстань від поверхні стола до середини клавіатури – не більше 30 мм, кут підйому клавіатури – від 2° до 15°);
- наявність у клавіатури підставки для рук;
- наявність килимка для миші з захистом від тунельного синдрому (спеціальний виступ забезпечує правильне положення кисті); наявність стільця або крісла з підлокітниками; При роботі з мишкою і клавіатурою також слід дотримуватися певних правила. Коли ви набираєте текст, рука повинна бути зігнута в лікті під прямим кутом (90°), а при роботі з мишкою стежте, щоб кисть була прямою і лежала на столі якнайдалі від краю. Тобто електробезпека – це відсутність будь-яких факторів з боку електроустановки, які можуть створити загрозу і небезпеку життю і здоров'ю людини. Не варто під терміном електроустановка розуміти щось таке, що може знаходитись поза межами офісу [18].

Адже, наприклад, настільна лампа це також електроустановка. Тобто пристрій, в якому є перетворення електричної енергії в той чи інший вид енергії (світлову, механічну, теплову), і буде вважатись електроустановкою.

Заходи електробезпеки, на які необхідно звернути особливу увагу:

1. Облаштування електромережі, зокрема:

- правильний розподіл навантаження на всі частини робочого місця;

- правильний розподіл електромережі за призначенням (наприклад: освітлення – це одна група, робоча зона – інша);
- якість самих комплектуючих електромережі (розетки, вимикачі, лампи, світильники);
- чи є потенціал для збільшення навантаження (на випадок створення додаткових робочих місць чи розширення компанії);
- використання офісного обладнання, в якому електроенергія застосовується за призначенням згідно з технічними рекомендаціями виробника.

Рятування життя людини, ураженої струмом, у багатьох випадках залежить від швидкості та правильності дій осіб, що надають допомогу. Передусім потрібно якнайшвидше звільнити потерпілого від дії електричного струму. Якщо неможливо відключити електричне обладнання від мережі, потрібно одразу звільнити потерпілого від струмоведучих частин, не торкаючись при цьому потерпілого. Заходи долікарської допомоги після звільнення потерпілого від струму залежать від того, в якому він стані. Допомогу потрібно надавати негайно, якщо можливо – на місці події, одночасно викликавши медичну допомогу. Якщо потерпілий не знепритомнів, потрібно забезпечити йому на деякий час спокій, не дозволяючи рухатися до прибуття лікаря. Якщо потерпілий дихає нечасто і судорожно, але прослуховується пульс, потрібно негайно зробити йому штучне дихання. У разі зупинки дихання, розширенні зіниць і посинінні шкіри потрібно робити штучне дихання і непрямий масаж серця [18].

4.3 Правила поведінки на о. Хортиця

На території, що включає в себе весь острів Хортиця, острови Дубовий, Середній, Три стовпи, Два стоги, Байди, Розтьобин, на прилеглий до них береговій

лінії шириною 50 метрів від берега, а також на всій території урочища Вирва, діють наступні правила:

1. На всій території заповідника, крім турпляжу, заборонено розведення багать, і будь-яке користування відкритим вогнем.
2. Заборонено будь-яке лісокористування – заготівля дров, вирубка дерев, збір сухих гілок, у тому числі – упалих. Для розведення багаття на турпляжі необхідно приносити свої дрова.
3. Забруднення території заповідника неприпустимо. Сміття, що залишилось після відпочинку, ви можете викинути в будь-який сміттєвий контейнер. Розташування сміттєвих контейнерів зазначено на карті мобільного путівника по Хортиці.
4. Вигул домашніх тварин, у тому числі – на повідку, забороняється на території острова Хортиця. Вирушаючи на Хортицю, залишайте своїх домашніх улюбленців вдома.
5. Для встановлення наметів і організації наметових таборів на Хортиці виділено спеціальне місце – турпляж. На решті території встановлення наметів забороняється.
6. По всій береговій лінії острова Хортиця та в його внутрішніх акваторіях заборонено рибальство будь-якими способами лову, а також знаходження на Хортиці зі знарядями лову.
7. Суворо забороняється підходити до Хортиці й до прилеглих островів на будь-яких видах плавзасобів ближче 50 метрів від берега, причалювати до берега, а також запливати на територію заповідних плавневих озер.
8. Не допускається збір рослин, насіння, саджанців, грибів і інших природних матеріалів на всій території заповідника.
9. На Хортиці рух автотранспорту дозволено тільки по асфальтованих дорогах. З'їзд з основних доріг і паркування поза паркувальними зонами заборонені.

10. Полювання на території заповідника веде до кримінальної відповідальності. Перебування із зброями полювання, а також з мисливськими видами собак, прирівнюється до полювання.

11. Куріння стає причиною дуже великої кількості пожеж на Хортиці, навіть у холодну пору року. Будь ласка, утримайтеся від куріння на заповідній землі Хортиці.

12. Суворо забороняється прив'язувати на гілки дерев стрічки та інші сторонні предмети, в тому числі – на території святилищ [35].

4.4 Правила пожежної безпеки в природних екосистемах

Щорічно пожежі в природних екосистемах завдають непоправної шкоди природі і державі. У більшості випадків пожежі в екосистемах виникають восени, коли громадяни випалюють сухе листя, сміття та рослинність на власних подвір'ях та земельних ділянках. Через пориви вітру вогонь часто перекидається на суху рослинність, тим самим знищуючи велику площу трави та завдає великої шкоди природньому довкіллю. Спалювання сухої рослинності в Україні вже стали свого роду національною катастрофою. З початку 2021 року на території Обухівської, Української та Козинської ТГ, виникло близько 300 пожеж в природних екосистемах. У 90% випадків причина виникнення пожеж в екосистемах – сама людина, яка часто необережно поводить з вогнем, не звертаючи уваги на необхідність суворого дотримання правил пожежної безпеки. ДСНС України закликає суворо дотримуватися правил пожежної безпеки, особливо під час відпочинку на природі та не провокувати виникнення пожеж в екосистемах; берегти унікальну флору і фауну. Рекомендується дотримуватись наступних правил пожежної безпеки:

1. не залишайте непогашеними багаття в лісі;
2. не кидайте не загашені сірники і недопалки на суху лісову підстилку;

3. не випалюйте сміття на присадибних ділянках;
4. не розводьте відкритий вогонь поруч з господарськими будівлями;
5. покидаючи місце відпочинку, загасіть вогнище водою або закидайте землею до повного припинення горіння або тління;
6. пожежу, що починається, загасіть водою або закидайте землею;
7. слідкуйте, щоб діти не гралися з вогнем [36].

4.5 Рекомендації щодо профілактики захворювання на COVID-19

Навчання в ВНЗ об'єднує людей – в класах, гуртожитках, під час проведення різних заходів. Якщо ви навчаєтеся у бібліотеці, відвідуєте спортивні заходи або відпочиваєте з сусідами по кімнаті в гуртожитку, вас оточують люди. Все це разом створює багато можливостей для поширення респіраторних захворювань, таких як грип чи COVID-19 [41].

НЗЗ можуть допомогти вам захистити себе та інших від зараження грипом чи COVID-19. НЗЗ – це заходи, які люди і громада можуть зробити, щоб уповільнити поширення респіраторних вірусів. Вони включають в себе прості щоденні профілактичні заходи, такі як уникати контакту із особами з проявами респіраторних захворювань, прикривати ніс і рот під час кашлю і чхання одноразовою серветкою, часто мити руки [51].

Ось кілька важливих кроків для захисту себе і інших від зараження і поширення респіраторних захворювань як у ВНЗ, так і за його межами (це стосується лише легких форм захворювання, при погіршенні стану обов'язково зверніться до свого сімейного лікаря/студентської поліклініки):

1. не відвідуйте навчальні кімнати та тримайтесь на відстані не менше 2 м від інших осіб до повного одужання;
2. якщо у вас є сусіди по кімнаті, подивіться, чи можуть вони залишитися в іншому гуртожитку або з друзями, поки ви не видужаєте;

3. підтримуйте зв'язок з медичною службою для студентів, вашими викладачами і друзями по електронній пошті, в текстових повідомленнях або по телефону;

4. багато відпочивайте; пийте багато рідини - мінеральна не газована вода, чай. Якщо у вас є супутні хронічні захворювання або ви схильні до високого ризику ускладнень респіраторних захворювань, негайно зверніться до лікаря;

5. дотримуйтеся дистанції;

6. люди, хворі на респіраторні захворювання, можуть поширювати вірус на інших людей на відстань до 1 м;

7. респіраторні захворювання, такі як грип чи COVID-19 дуже легко поширюються. Тримайтеся подалі від хворих людей;

8. у людей, які захворіли на респіраторну інфекцію, в т. ч. COVID-19, симптоми можуть бути відсутні. Вони можуть передати вірус іншим людям, навіть не знаючи, що вони хворі;

9. намагайтеся не ділитися посудом із захворілими особами;

10. уникайте місць, де збираються великі групи людей, таких як класи, концерти, фестивалі та спортивні заходи, особливо якщо ви схильні до високого ризику ускладнень респіраторних захворювань (наявні хронічні захворювання дихальної, серцево-судинної систем);

11. намагайтеся брати участь в зборах або заняттях в онлайн режимі, щоб уникнути особистого контакту з людьми, які можуть бути хворі;

12. зупинити поширення вірусів можливо, якщо виконувати кашльовий етикет;

13. при кашлі або чханні прикривайте ніс і рот одноразовою серветкою, це допомагає попередити поширення вірусу через ваші руки та поверхні;

14. викиньте використані серветки, а потім вимийте руки. Якщо немає можливості вимити руки, обробіть їх спиртовмісним антисептиком;

15. рекомендовано носити одноразову маску для обличчя під час захворювання, щоб знизити ризик поширення хвороби іншим;

16. мийте руки, використовуючи знезаражуючі та антисептичні речовини;

17. ретельно і часто мийте руки з милом і теплою водою;
18. якщо мило і тепла вода недоступні, використовуйте спиртовмісний антисептик для рук з вмістом спирту не менше 60%;
19. не торкайтеся до своїх очей, носа або рота брудними руками. Миття рук знижує кількість респіраторних вірусів, які можуть поширюватися, коли ви торкаєтеся рук інших людей або торкаєтеся поверхонь таких як клавіатура, мобільні телефони, пульти дистанційного керування телевізора, столи і дверні ручки;
20. очищуйте поверхні та предмети, до яких часто торкаєтеся;
21. клавіатури, пульти телевізорів, мобільні телефони, столи та дверні ручки слід чистити часто і ретельно;
22. точний термін виживання вірусу SARS-CoV-2 на сьогодні не відомий, проте очищення поверхонь і об'єктів, до яких часто торкаються, знижує кількість вірусів, які можуть поширюватися під час дотику до зараженої поверхні, а потім до ваших очей, носа або рота [23];
23. ви також можете використовувати спиртовмісні та хлорвмісні дезінфікуючі засоби. Завжди дотримуйтесь інструкцій з використання дезінфікуючих засобів, на етикетці продукту;
24. будьте в курсі епідемічної ситуації щодо поширення COVID-19, використовуючи офіційні джерела [41].

4.6 Правила поведінки на вулиці та у приміщеннях під час військового стану

В Україні діє воєнний стан та тривають бойові дії, тож кожен повинен знати основні правила поведінки та дій під час повітряної тривоги, обстрілів, комендантської години [32].

Якщо ви почули гудки сирен, переривчасті гудки підприємств або звуки гучномовця, що тривають протягом декількох хвилин, це означає попереджувальний сигнал Увага всім. Про алгоритм дій неодноразово повідомляли в Державній службі надзвичайних ситуацій України, він такий:

1. увімкніть телебачення або радіо. Інформація звучатиме через офіційні канали протягом 5 хвилин після звучання сирен;
2. зосередьтесь, прослухайте повідомлення та виконуйте почуті інструкції. Залишайте теле- радіоканали увімкненими. З них може надходити подальша інформація;
3. зазвичай під час тривоги на офіційних каналах звучить інформація від місцевої влади про повітряну тривогу, під час якої треба взяти запас харчів, води та прямувати до найближчого укриття;
4. повідомте про почуте сусідам чи знайомим, за необхідності надайте їм допомогу;
5. у разі виникнення надзвичайної ситуації телефонуйте 101;
6. в Україні працює мобільний застосунок повітряна тривога, який сповіщає про небезпеку у конкретному регіоні. Його можна завантажити у Google Play Market та AppStore.

Якщо ваше житло розташоване в зоні регулярних збройних дій, перш за все потрібно зміцнити вікна (наприклад, клейкою плівкою). Так ви уникнете розльоту уламків скла. Проте краще закрити вікна мішками з піском або масивними меблями [32].

Якщо ж ви потрапили під обстріл стрілецькою зброєю, тобто з пістолетів, автоматів, гвинтівок, кулеметів, Службв безпеки України радить діяти так:

1. якщо ви вдома, то сховайтеся в безпечному місці: ванній кімнаті або ж самій ванні. Якщо це неможливо, ляжте на підлогу, вкрившись предметами, що можуть захистити вас від куль та уламків;
2. на відкритому місці впадїть на землю та закрийте голову руками. Перебувайте біля будь-якого виступу чи заглиблення в землі. Укриттям може стати навіть сміттева урна;

3. ваше тіло має бути у безпечному положенні: згрупуйтеся, ляжте в позу ембріона, розверніться ногами у сторону пострілів та прикрийте голову руками. Коли почнуться постріли, розтуліть рот, щоб вберегти барабанні перетинки;

4. чекайте щонайменше 5 хвилин в укритті, доки стрілянина не вщухне.

Якщо ви почули гучний свист, залп запуску та вибух снаряда може означати, що ви потрапили в зону артобстрілу, мінометного обстрілу або авіанальоту.

1. міноборони пояснює, сам снаряд, як і залп установки, можна помітити та зреагувати. Тому краще постійно стежити за небом. Удень – це димний слід від ракети, вночі – яскравий спалах;

2. якщо поруч є бомбосховище і ви почули сирену – знак Увага всім, – терміново йдіть до укриття;

3. в укритті увімкніть телебачення або радіо на будь-якому носії або відкривайте сторінки офіційних державних каналів. Там протягом 5 хвилин буде інформація про те, що трапилось. Виконуйте інструкції;

4. залишайтеся в укритті щонайменше 10 хвилин після завершення обстрілу, адже існує загроза його відновлення;

5. якщо ви вдома, обирайте місце в кутку та недалеко від виходу, щоб миттєво залишити будинок у разі влучення снаряду. Ховайтесь у підвалі або іншому заглибленому укритті, між несучими стінами;

6. падайте на землю, закрийте голову руками або предметами, закрийте долонями вуха та відкрийте рот (це врятує від контузії). Перечекайте перший обстріл лежачи, а далі ховайтесь в безпечному заглибленому приміщенні;

7. не залишайтеся у під'їздах під арками та у підвалах панельних будинків або під стінами будинків із легких конструкцій. У жодному разі не ховайтесь біля всього, що може вибухнути чи впасти на вас;

8. для укриття підійдуть підземні переходи, метро, укриття, канава, траншея, яма, широка труба водостоку під дорогою, високий бордюр, каналізаційний люк, траншея чи канава (подібна до окопу) завглибшки 1-2 м, на відкритому місці;

9. якщо обстріл застав вас у маршрутці, тролейбусі, трамваї, авто – слід негайно зупинити транспорт, відбігти від дороги в напрямку від будівель та споруд і залягти на землю.

Під час комендантської години, період дії якої встановлює місцева влада кожного регіону, заборонено перебувати на вулицях та в інших громадських місцях, якщо ви не є працівниками об'єктів критичної інфраструктури (для цього у вас має бути спеціальна перепустка [32]).

Особи, які перебувають на вулицях в заборонений час, можуть вважатися членами диверсійно-розвідувальних груп.

Правило не поширюється на переміщення до укриттів під час сигналу тривоги.

Під час комендантської години в Державній службі надзвичайних ситуацій України рекомендують дотримуватись правил світломаскування:

1. зашторювати вікна;
2. вимикати світло в оселях;
3. гасити вуличне освітлення своїх будинків;
4. прибирати з підвіконь усі лампи, зокрема й фітолампи по догляду за рослинами.

ВИСНОВКИ

Проаналізувавши усі отримані данні під час дослідження та виконавши поставленні завдання, можна зробити наступні висновки щодо отриманих результатів:

1. Проаналізувавши отримані дані можна сказати про те, що антропогенний вплив на середовище у місті Запоріжжі є високим, особливо це стосується районів, поруч з якими розташовані промислові об'єкти та автомобільні шляхи.

2. Робінія псевдоакація (*Robinia pseudoacacia.*) та сосна звичайна (*Pinus sylvestris*) можуть використовуватись у якості рослин біоіндикаторів у Запоріжжі через їх розповсюдженість у кожному районі міста

3. Використання методів біоіндикації дає змогу оцінити вплив на оточуюче середовище, не використовуючи коштовне обладнання. Необхідними є прилади для вимірювання, а також теоретичні навички з методики проведення індикації

4. Недоліком можна виділити неточність дослідження, а також неможливість урахувати усі фактори впливу. Вимірюються лише ті показники, які зазначені у досліді.

5. Найзабруднішими районами, за нашими дослідженнями, у Запоріжжі є Шевченківський та Заводський. Це пов'язано з тим, що основна частина промислових підприємств розташована у цих місцях. Найменш забрудненим є о. Хортиця. Це характеризується низьким рівнем людської діяльності на острові. Середніми за забрудненням є Дніпровський та Вознесенівський райони. Такий рівень забруднення обумовлений наявністю транспортних шляхів і відносною віддаленістю від об'єктів-забруднювачів.

6. Повторне дослідження у 2023 році показало зміни, які були викликані війною та її наслідками. Так, для Шевченківського мікрорайону рівень

навантаження зменшився. Це можна пов'язати з тим, що частина підприємств зменшила свої потужності чи припинила свою роботу. З іншого боку для Дніпровського району він підвищився. Це можна пояснити зміною інтенсивності транспортних шляхів, які є у районі.

7. Загалом можна сказати про те, що методи біоіндикації можуть використовуватись для визначення впливу людської діяльності, але для кращого результату потрібно використовувати комплексні методи з різними дослідженнями, або ж використати високоточні інструментальні та лабораторні методи.

ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ

1. Бессонова В.П. Методи фітоіндикації в оцінці екологічного стану довкілля. Запоріжжя : ЗДУ, 2012.
2. Бессонова В.П. Практикум з фізіології рослин. Дніпро : РВВДДАУ.
3. Білявський Г.О. Основи екології: теорія та практикум : навч. посіб. Київ : Лібра, 2002.
4. Біоіндикація. Методичні рекомендації до виконання лабораторних робіт студентами / А. Горова та ін. Нац. гірн. ун-т, 2014.
5. Боголюбов В.М. Моніторинг довкілля: підруч. 2-е вид., пер. і доп. Вінниця : ВНТУ, 2010.
6. Боярин М.В. Аналіз впливу автотранспорту на стан атмосфери міських ландшафтів (на прикладі м. Луцьк). *Вісник харківського національного університету ім. В.Н. Каразіна*. 2015. Серія Екологія, № 13.
7. Бурда Р.І. Методика дослідження адаптивної стратегії чужорідних видів рослин в урбанізованому середовищі / ред.: Р. Бурда, О. Ігнатюк. Київ : НЦЕБМ НАН України, 2010.
8. Войцицький А.П. Нормування антропогенного навантаження на природне середовище: навч. посіб. Житомир : ЖДТУ, 2007.
9. Гончаренко І.В. Фітоіндикація антропогенного навантаження : монографія. Дніпро, 2017.
10. Гриб Й.В., Чемерис І.А. Екологічна оцінка стану навколишнього середовища методами фітоіндикації. *Вісник Національного університету водного господарства та природокористування*. 2013. Т. 1, № 29.
11. Гриб Й.В., Чемерис І.А. Екологічна оцінка стану навколишнього середовища методами фітоіндикації. Рівне : НУВГП, 2005.
12. Гродзинський Д.В. Застосування рослинних тест-систем для оцінки комбінованої дії факторів різної природи. Київ : Фітосоціоцентр, 2006.

13. Дзиба А.А. Робінія псевдоакація (*robinia pseudoacacia* L.) у міських лісах Києва. *Науковий вісник НЛТУ України*. 2011. Т. 21, № 16.
14. Дідух Я.П. Етюди фітоєкології. Київ : Арістей, 2008.
15. Дідух Я.П. Основи біоіндикації. Київ : Наук. думка, 2012.
16. Дідух Я.П., Плюта П.Г. Фітоіндикація екологічних факторів. Київ, 2016.
17. Екологічна енциклопедія / ред. А.В. Толстоухов. Київ : Центр екол. освіти та інформації, 2014.
18. Жидецький В.Ц. Охорона праці користувачів комп'ютерів. Львів : Афіша, 2000.
19. Калінін М.І., Єлісеєв В.В. Біометрія: підручник для студентів вузів біологічних та екологічних напрямків. Миколаїв : МФ НаУКМА, 2000.
20. Катренко Л.А., Пістун І.П. Охорона праці в галузі освіти : навч. посіб. Суми : Унів. кн., 2001.
21. Клименко М.О. Моніторинг довкілля. Київ : Акад., 2010.
22. Кононов О.О. Використання ШІ у вирішенні проблем навколишнього середовища на прикладі Chat GPT. *Молода наука*. 2023. Т. 3, № 1.
23. Коронавірус: профілактика інфікування і поширення. *Офіційний портал Києва*. URL: https://kyivcity.gov.ua/oholoshennia/koronavirus_profilaktika_infikuvannya_i_poshirennya/.
24. Кукурудза С.І., Гумницька Н.О., Нижник М.С. Моніторинг природних комплексів. Львів : ЛНУ, 2011.
25. Лисиця А.В. Біоіндикація і біотестування забруднених територій. Методичні рекомендації до самостійного вивчення дисципліни. Рівне : Дока-центр, 2018.
26. Методичні вказівки до практичних робіт з дисципліни Біоіндикація і біотестування призначені для студентів магістрів спец. 8.04010601 Екологія та охорона навколишнього середовища. Житомир : ЖДТУ, 2014.
27. Мусієнко М.М. Екологія. Охорона природи. Київ : Знання, 2007.

28. Мусієнко М.М., Ольхович О.П. Фітоіндикація та фітомоніторинг : метод. рек. Київ : Фітосоціоцентр, 2005.
29. Мусієнко М.М. Фізіологія рослин : підручник. Київ : Фітосоціоцентр, 2014.
30. Мусієнко М.М. Фітоіндикація та фітомоніторинг. Київ, 2006.
31. Одукалець І.О. Морфолого-фізіологічні зміни деревних рослин за атмосферного забруднення. *Питання біоіндикації та екології*. 2011. Т. 16, № 1.
32. Основні правила поведінки учнів під час воєнного стану. *Сумський обласний інститут післядипломної педагогічної освіти*. URL: <http://www.soippo.edu.ua/index.php/4822-osnovni-pravila-povedinki-uchniv-pid-chas-voennogo-stanu>.
33. Перелік чужорідних видів дерев, заборонених у відтворенні лісів : Наказ від 05.05.2023 р. № № 695/39751.
34. Пляцук Д.Л. Проведення інтегральної експрес-оцінки якості атмосферного повітря в умовах зміни промислової інфраструктури регіону. *Східно-Європейський журнал*. 2015.
35. Правила відвідування Хортиці. *Національний заповідник Хортиця*. URL: <https://hortica.zp.ua/ua/visiting/rezhim>.
36. Правила пожежної безпеки в природних екосистемах. *Українська громада*. URL: <https://ukrainska-gromada.gov.ua/community/pravy-la-pozhezhnoyi-bezpeky-v-pryrodnyh-ekosystemah.html>.
37. Правила технічної експлуатації електроустановок споживачів. Харків : Форт, 2006.
38. Притула Н. М. Біоіндикація: методичні рекомендації до лабораторних робіт для здобувачів ступеня вищої освіти бакалавра спеціальності Екологія освітньо-професійної програми Екологія, охорона навколишнього середовища та збалансоване природокористування. Запоріжжя : ЗНУ, 2019.
39. Притула Н. М. Доцільність використання соняшнику (*Helianthus Annuus* L.) як фітоіндикатора антропогенного навантаження середовища. *Вісник Львівського університету*. 2021. Серія біол., № 84. С. 68–75.

40. Про затвердження Загальних вимог стосовно забезпечення роботодавцями охорони праці працівників : від 25.01.2012 р. № 67.
41. Рекомендації щодо профілактики COVID 19. *Центр громадського здоров'я МОЗ України*. URL: <https://phc.org.ua/>.
42. Савосько В.М., Католіченко О.М. Флюктууюча асиметрія листків берези повислої в умовах аеротехногенного забруднення Криворіжжя. *Питання біоіндикації та екології*. 2014. Т. 19, № 2.
43. Ситник С.А., Лакида П.І. Особливості таксаційної структури деревостанів *robinia pseudoacasia* L. Придніпровського північного степу України. *Лісівництво і агролісомеліорація*. 2014.
44. Ситник С.А. Фітомаса компонентів крони робінієвих деревостанів у Північному Степу України. *Agrology*. 2019. Т. 2, № 3.
45. Ситник С.А. Щільність основних компонентів фітомаси стовбурів дерев робінії несправжньоакації в умовах Північного Степу України. *Науковий вісник НЛТУ України*. 2018. Т. 28, № 5.
46. Слободян В.О. Біоіндикація / ред. В. Слободян. Івано-Франківськ : Полум'я, 2004.
47. Ткачук К.Н., Халімовський М.О., Зацарний В.В. Основи охорони праці : підручник. Київ : Основа, 2003.
48. Царенко О.М., Олійник Г.М. Захист довкілля в умовах зростаючого техногенного навантаження на природу. Суми : Слобожанщина, 2013.
49. Boring L., Swank W. The role of black locust in forest succession. *Journal of ecology*. 1984. No. 72.
50. Clarke G. Fluctuating asymmetry: a technique for measuring developmental stress of genetic and environment origin. *Acta Zool Fenn.*, 1992.
51. Coronavirus disease (COVID-19) pandemic. *World health organisation*. URL: <https://www.who.int/emergencies/diseases/novel-coronavirus-2019>.
52. Didukh Y. *The ecological scales for the species of Ukrainian flora and their use in synphytoindication*. Kyiv, 2011.

53. Gerhardt A. Bioindicator species and their use in biomonitoring. *Environmental monitoring*. Vol. 1.
54. Guo X., Ren X., Eller F. Higher phenotypic plasticity does not confer higher salt resistance to *Robinia pseudoacacia* than *Amorpha fruticosa*. *Acta physiol plant*. 2018. Vol. 4.
55. Hanover J. Physiological genetics of black locust (*Robinia pseudoacacia* L.): a model multipurpose tree species. *Conference on fast growing and nitrogen fixing trees*, University of Marburg, 8 November 1990.
56. Holec J., Krmelova K., Soukup J. Intensity of occurrence of locust gall midge (*obolodiplosis robiniae*), leaf miner moth (*Phyllonorycter robiniella*), and locust digitate miner (*Parectopa robiniella*) on invasive black locust tree (*Robinia pseudoacacia*). *Česká a slovenská o ochrane rostlin*. 2009.
57. Holoborodko K., Rusynov V., Seliutina O. Addition to analysis of morphological parameters of mines on two invasive leafmining Lepidoptera species ((*Parectopa robiniella* (Clemens, 1863) and *Phyllonorycter robiniella* (Clemens, 1859)) on black locust. *Problems of bioindications and ecology*. 2018. Vol. 23, no. 2.
58. Kucherenko I. Educational aspects of ecological monitoring teaching: conference. *Trends in education 2015*, 28 November 2015.
59. *Official site of the All-Ukrainian Fund of Nature*. URL: <http://wwf.panda.org>.
60. Variation in leaf functional traits of different-aged *Robinia pseudoacacia* communities and relationships with soil nutrients / Y. Duan et al. *Chinese journal of applied ecology*. 2017. Vol. 1, no. 28.

